Beiträge zur Samenanatomie der Nymphaeaceen.

Von

A. Weberbauer.

Mit Tafel VIII.

Arbeit aus dem Laboratorium des Kgl. botanischen Gartens zu Berlin.

Einleitung.

Über den Bau der Nymphaeaceensamen liegen größtenteils solche Mitteilungen vor, die nur die ausgeprägtesten Merkmale, welche schon bei oberflächlicher Betrachtung sich darbieten, berücksichtigen. Derartige Angaben finden sich in Arbeiten von Trécul (Litteraturverzeichnis Nr. 21 und 22), Treviranus (Nr. 23) und Caspary. Der letztgenannte Forscher gab gelegentlich seiner Studien über fossile Nymphaeaceen (Nr. 4) eine kurze Vergleichung der Gattungen *Victoria*, *Euryale*, *Nymphaea* und *Nuphar* hinsichtlich der inneren Beschaffenheit der Samenschale. Bei seinen späteren Bearbeitungen der Nymphaeaceen (Nr. 5 und 6) benutzte er die auffälligsten Charaktere der Samen in der systematischen Einteilung und machte bei dieser Gelegenheit auch Mitteilungen über die bisher wenig bekannten Gattungen *Cabomba*, *Brasenia* und *Barclaya*. Auch die Keimungsvorgänge, die früher nur vereinzelt beobachtet waren, finden hier eine übersichtliche und vergleichende Berücksichtigung.

Die ersten eingehenderen, alle Teile des Samens behandelnden anatomischen Beschreibungen gaben vor einigen Jahren Dennert (Nr. 26) und nach ihm Wettstein (Nr. 25) für *Nelumbo*, Arcangeli (Nr. 1 und 2) für *Euryale ferox*, *Nymphaea alba*, *Victoria regia* und *Nuphar luteum*.

Über fossile Nymphaeaceen-Samen ist außer Caspary's unter Nr. 4 genannter Abhandlung eine Schrift von Weber erschienen (Nr. 24).

Da die genannten Schriften manche Ergänzungen und Berichtigungen zulassen, ferner aus der eingehenderen Betrachtung der biologischen Vorrichtungen und der Beziehungen, welche der Samenbau zur Verwandtschaft innerhalb der Familie aufweist, sich noch einige interessante Punkte er-

geben, so erscheint mir eine Behandlung des vorliegenden Gegenstandes nicht zwecklos.

Meine Mitteilungen über fossile Samen [1]), welche ich vor kurzem veröffentlicht habe, sollen, da sie aus den hier zu besprechenden Untersuchungen hervorgegangen sind, noch einmal kurze Erwähnung finden. Endlich habe ich noch darauf hinzuweisen, dass ich bei *Nelumbo* auch die Fruchtschale berücksichtigt habe, einmal weil sie hier die Samenschale in ihrer Function vertritt, dann weil über diesen Gegenstand verschiedene unrichtige Angaben gemacht worden sind.

Der erste Teil meiner Arbeit giebt eine Beschreibung der Nymphaeaceensamen, der zweite handelt über die Beziehungen ihres Baues zur Systematik, der dritte über Samen fossiler Nymphaeaceen, der vierte über die biologischen Eigentümlichkeiten der untersuchten Samen.

Die Untersuchungen, aus welchen diese Arbeit hervorgegangen ist, wurden auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Prof. Dr. A. Engler, Director des Kgl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin, in dem von ihm errichteten Laboratorium während des Wintersemesters 1892/93 und des darauf folgenden Sommersemesters ausgeführt. Diesem meinem hochverehrten Lehrer sage ich hiermit meinen tiefgefühltesten Dank für die Anregung und die Ratschläge, welche er mir in gütigster Weise zu teil werden ließ. Außerdem danke ich für freundlichst gewährte Unterstützung den Herren Professoren Dr. Conwentz, Dr. Pax und Dr. Schumann, den Herren Dr. Lindau und Dr. Warburg und besonders Herrn Professor Hieronymus, sowie Herrn Dr. Gilg.

Litteraturverzeichnis.

1. Arcangeli, Sul germogliamento della *Euryale ferox* Sal. Nuov. Giorn. Bot. Ital. Vol. XX. 1888.
2. Ders., Sulla struttura dei semi della *Nymphaea alba*. ibid. Vol. XXI. 1889.
   » » » » » » *Victoria regia*. » » » »
   » » » » » » *Nuphar luteum*. » » » »
3. Baillon, *Nymphaeacées*.
4. Caspary, Les *Nymphaeacées* fossiles. Ann. sc. nat. 4. sér. Bot. T. VI. 1856.
5. Ders., *Nymphaeaceae*. Flora Brasiliensis.
6. Ders., *Nymphaeaceae*. Engler-Prantl, Die nat. Pflanzenfamilien. III, 2.
7. Engler, Syllabus. Berlin 1892.
8. G. Haberlandt, Über die Entwickelungsgeschichte und den Bau der Samenschale bei der Gattung *Phaseolus*. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. z. Wien. Math. Naturw. Klasse 75. 1. 1877.
9. Ders., Die Schutzeinrichtungen in der Entwickelung der Keimpflanze. Wien 1877.
10. Ders., Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1884.

1) Über die fossilen Nymphaeaceengattungen *Holopleura* Casp. und *Cratopleura* Weber und ihre Beziehungen zu der recenten Gattung *Brasenia*. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XI Heft 6. S. 366.

11. HILDEBRANDT, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1874.
12. KLEBS, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Unters. aus d. bot. Inst. z. Tübingen 1. 1881—85.
13. MARLOTH, Über mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von außen. ENGLER, Bot. Jahrb. IV. 1883.
14. MIRBEL, Observations anat. et physiol. sur le *Nelumbo nucifera*. Archives du Mus. XIII.
15. NEHRING, Die Flora des interglacialen Torflagers von Klinge bei Kottbus. Naturw. Wochenschr. Bd. VII. Nr. 45.
16. FR. NOBBE, Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876.
17. PLANCHON, Études sur les *Nymphaeacées*. Ann. sc. nat. 3. sér. XIX.
18. POITEAU, Mém. s. l'embryo des *Graminées, Cyperacées*, et du *Nelumbo*. Archives du Mus. XIII.
19. RUSSOW, Vergleichende Untersuchungen etc. Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg. Sér. VII. Bd. 19. 1873.
20. SEMPOLOWSKY, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Samenschale. Inauguraldissert. Leipzig 1874.
21. TRÉCUL, Recherches sur la structure et le développement du *Nuphar luteum*. Ann. sc. nat. 3. sér. T. IV. 1845.
22. Ders., Études anatomiques. Ann. sc. nat. 4 sér. T. I. 1854.
23. TREVIRANUS, Observationes circa germinationem in *Victoria* et *Euryale*. Abhandl. d. math.-phys. Klasse d. k. baier. Akad. der Wissensch. München 1850.
24. WEBER, Über *Cratopleura holsatica*, eine interglaciale Nymphaeacee, und ihre Beziehungen zu *Holopleura Victoria* Casp., sowie zu recenten Nymphaeaceen. Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Jahrg. 1892. Bd. I.
25. v. WETTSTEIN, Beobachtungen über den Bau und die Keimung des Samens von *Nelumbo nucifera* Gärtn. Verhandl. d. k. k. zool.-bot. Gesellsch. in Wien 1888.
26. WIGAND, *Nelumbium speciosum* W. Eine monographische Studie. Vollendet und herausgegeben von DENNERT. Bibliotheca Botanica. Bd. II. Cassel 1887—89.

I. Beschreibender Teil.

Die Beschreibung der einzelnen Samen soll mit Umkehrung der Reihenfolge, welche ENGLER gegeben hat (Litteraturverz. Nr. 7), vorgenommen und mit *Victoria regia* begonnen werden.

Victoria regia Lindl.[1])

Entwickelung des Samens.

Da mir von dieser Pflanze reiches Material zur Verfügung stand, so konnte ich auch einen Blick auf die Entwickelung werfen. Der Höcker, welcher die Anlage des Ovulums darstellt, wird außen von einer Schicht radial gestreckter Zellen bekleidet. Sobald er eine schlank kegelförmige Gestalt erlangt hat, beginnt er sich stark zu krümmen, und nahe seinem oberen Ende, diesem etwa dreimal näher als dem Grunde, bildet sich ein Ringwulst, der auf der convexen Seite ein wenig eher zu Tage tritt, ein Unterschied, der indessen durch das Wachstum sehr bald ausgeglichen

1) Fig. 1.

wird. Dicht darunter wird sodann ein zweiter Wulst sichtbar, zuerst auf der convexen Seite; allmählich dehnt er sich auch auf die concave aus, wo indessen das weitere Wachstum sehr langsam fortschreitet. Diese Ringwülste stellen die Anlagen der beiden Integumente dar. Zu derselben Zeit fällt eine Zelle in der dritten Schicht, vom Scheitel aus gerechnet, durch ihre Größe und ihren stark lichtbrechenden Inhalt auf. Aus derselben nimmt der Embryosack seinen Ursprung. Von nun an wird die Krümmung der Anlage durch stärkeres Wachstum auf der convexen Seite immer beträchtlicher, bis schließlich ihr Scheitel dem Grunde sich zuwendet. Auf der concaven Seite tritt nun das selbständige Längenwachstum des äußeren Integuments zurück, dagegen vergrößert sich hier der Teil sehr stark, an welchem es mit dem Funiculus verschmolzen ist, so dass die dem letzteren zugekehrte äußere Grenze der Ansatzfläche sich sehr weit von der inneren, dem inneren Integument zugekehrten entfernt, und somit eine lange Rhaphe entsteht. Zu gleicher Zeit findet in allen Teilen der Anlage eine beträchtliche Dickenzunahme statt, abgesehen vom inneren Integument, welches fast ausschließlich Längenwachstum zeigt, aber auch in diesem trotz seiner früheren Entstehung bald vom äußeren überholt wird. Im Funiculus gelangt allmählich ein sich in die Rhaphe bis an die Ansatzstelle des Nucellus fortsetzendes Leitbündel, dessen Differenzierung bereits zur Zeit der Anlage der Integumente begann, zur Ausbildung. Endlich entsteht kurz vor der Befruchtung am Funiculus an der Stelle, o er in die Rhaphe übergeht, ein dritter wieder zuerst auf der convexen Seite sichtbarer Ringwulst, die Anlage des Arillus. Bezüglich des Baues der Samenanlage zur Zeit der Befruchtung ist noch folgendes hervorzuheben: die äußerste Schicht des Chalazaendes, der Rhaphe und des äußeren Integuments wird aus senkrecht zur Oberfläche gestreckten Zellen gebildet. Die Zellen der nächstfolgendon Schichten, welche in der Rhaphe vom Leitbündelstrange durchzogen werden, sind tangential abgeplattet, die der innersten Schicht endlich neigen wieder zu radialer Streckung, welche jedoch nicht so stark ist, als bei der äußersten. Das innere Integument besteht im hinteren Teil aus 2 Schichten, im vorderen aus 3—4, deren äußerste Zellen zur Oberfläche senkrecht gestreckt sind. Dieselbe Streckung zeigt die äußerste Schicht des Nucellus, und zwar ist dieselbe bei den an der Spitze gelegenen Zellen am stärksten. Der Embryosack ist länglich. Der an der Ansatzstelle des Funiculus angelegte Arillus besteht in der ersten Zeit aus mehreren Zellschichten. Bald aber stellen die inneren Gewebe ihr Wachstum ein, und nur die äußerste Zellschicht teilt sich weiter, jedoch nur senkrecht zur Oberfläche. So entsteht schließlich eine mächtige Duplicatur, die aus zwei Zelllagen gebildet wird, welche an beiden Enden in einander übergehen. Während die innere Lage sich dem Samen dicht anschmiegt, ist die äußere viel weiter und bildet große, mit Luft erfüllte Falten. Die Entwickelung der übrigen Teile des Samens nach

der Befruchtung übergehe ich und lasse nun die Beschreibnng des reifen Samens folgen.

Der reife Same.

Der Arillus: Die Zellen der äußeren und inneren Schicht sind ziemlich gleich gestaltet, nur die letzteren etwas zarter und durchsichtiger. Alle sind in der Wachstumsrichtung des Arillus schlauchförmig gestreckt und meist etwas zugespitzt, dünnwandig, an den Seitenwänden zart getüpfelt. Am Chalazaende sind die Ränder des Arillus so nahe zusammengerückt, dass man keine Öffnung mehr entdecken kann.

Äußere Merkmale des Samens: Der vom Arillus umschlossene Same ist rundlich, grünlich braun, glänzend, leicht grubig. An dem einen Ende liegt der schon durch hellere Farbe ausgezeichnete Samendeckel, um welchen die angrenzenden Teile der übrigen Samenschale einen erhöhten Rand bilden, so dass eine Furche entsteht, die aber bei der geringen Wölbung des Deckels sehr seicht bleibt und auf der Seite, wo die Rhaphe eintritt, unterbrochen ist. Um die kleine, fast geschlossene Mikropyle herum bildet der Deckel einen scharf abgesetzten Ringwulst. Nahe der Mikropyle liegt das ungefähr kreisrunde Hilum. Die Rhaphe bildet nur eine schwache Kante.

Die Samenschale: An ihrer Bildung haben teilgenommen die Rhaphe, die freien Teile des äußeren Integuments und das Chalazaende. Sie besteht aus einer äußeren Schicht dickwandiger, senkrecht zur Oberfläche gestreckter und mehreren inneren Schichten dünnwandiger, tangential abgeplatteter Zellen.

Die Seitenwände der Zellen der äußersten Lage, die man als Hartschicht bezeichnen kann, sind außen stark gewellt. Nach innen zu nimmt die Wellung mit dem Querdurchmesser der Zellen ab, verschwindet aber auch auf der Innenseite nicht gänzlich. Außen werden die Zellen überkleidet von einer ziemlich dicken, glatten, stark lichtbrechenden Cuticula, welche an den Zellgrenzen weit nach innen vorspringt. Dieselbe wird durch Schwefelsäure nicht gelöst. Im Übrigen sind die Wandungen, von denen die äußeren am stärksten, die seitlichen und inneren ziemlich gleich verdickt sind, von gelblicher Farbe, die auch auf sehr dünnen Schnitten noch erkennbar ist, geschichtet und verholzt, bis auf ein sehr geringes, dem Lumen angrenzendes Gebiet, welches die chemischen Eigenschaften der Cellulose besitzt. In allen Wänden finden sich zahlreiche Poren, welche, in Flächenansicht betrachtet, nicht regelmäßig kreis-, sondern fleck- oder strichförmig erscheinen. Die ursprüngliche Anlage der Verdickung war nämlich eine netzförmige, doch haben sich allmählich die Maschen stark verengt. Oft kann man daher die Beobachtung machen, dass die Porencanäle am Anfang etwas weiter sind, als an ihrer Mündung in das Lumen. Manchmal sind sie in ihren älteren Teilen etwas verzweigt. Eine bestimmte Anordnung

zeigen die in Rede stehenden Zellen der Hartschicht nicht, diejenigen ausgenommen, welche dem Samendeckel angehören. Diese verhalten sich auch noch in anderer Hinsicht abweichend.

Die Hartschichtzellen des Samendeckels bilden deutliche, der Mikropyle zustrebende Reihen, welche auf der einen Seite durch das Hilum unterbrochen werden und in der Mitte des Deckels an der Stelle ein Ende finden, wo sich der die Mikropyle umgebende Wulst erhebt. Überall sind die Seitenwände gerade, nicht gewellt, und, abgesehen von dem erwähnten Wulst und der unmittelbaren Umgebung des Hilums, bemerkt man eine tangentiale Streckung parallel der Peripherie des Samendeckels. Längsschnitte durch den Samendeckel zeigen, dass jene reihenbildenden Zellen eine weit geringere Höhe besitzen, als die der umgebenden Hartschicht, und dass in der Nähe der Mikropyle die Höhe wieder beträchtlich zunimmt, wodurch die Bildung des Wulstes hervorgerufen wird. Diese letzteren Zellen erscheinen im Längsschnitt gleichsam fächerförmig angeordnet, indem die Seitenwände nach außen stark divergieren.

Die dünnwandigen, tangential abgeplatteten Elemente, welche auf die Hartschicht folgen, lassen auf Flächenschnitten eine mehr oder minder ausgeprägte Wellung der Seitenwände erkennen und führen oft bräunlichen Inhalt. Die Ausdehnung dieser Schichten ist am Samendeckel am geringsten. Die größte Mächtigkeit erlangen sie am Chalazaende, wo sie auch die verzweigten Endigungen des die Rhaphe durchsetzenden Leitbündels aufnehmen. Am Hilum erfahren die dünnwandigen Gewebepartien gleichfalls eine Unterbrechung, indem sich hier von der Samenoberfläche aus ein die Leitbündelreste umschließender Complex von kleinen Zellen, welche kuglige Gestalt und gelbliche, verholzte, netzartig verdickte Wände besitzen, schräg nach innen ausdehnt.

Das innere Integument ist bis auf einen kreisförmig begrenzten, der Nucellusspitze aufliegenden Teil wenigschichtig und zu einem dünnen Häutchen zusammengepresst, dessen Elemente kaum mehr erkennbar sind. In jenem kreisförmig umschriebenen Teil besitzen am Rande die Zellen der innersten Schicht verdickte Innenwände. Je mehr man sich der Mikropyle nähert, desto mehr erstreckt sich dann die Verdickung auch auf die Seitenwände, bis schließlich in der Nähe der Mikropyle nur noch die Außenwände unverdickt geblieben sind. Mit dieser Zunahme der Verdickung geht eine solche der Wellung und der Höhe der Seitenwände Hand in Hand. Die äußeren Schichten sind zart und geschrumpft, und in der unmittelbaren Nähe der Mikropyle, wo die Stärke des Integuments ihren Höhepunkt erreicht, so dass eine kleine warzenartige Erhebung entsteht, finden sich auf der Außenseite noch schwach verdickte, isodiametrische Zellen vor, die aber durch dünnwandige Gewebe von der Innenschicht getrennt sind. Übrigens ist hier eine Mikropylenöffnung nicht erhalten geblieben.

Der Samenkern. Die aus dem Nucellus hervorgegangenen Gewebe scheiden sich in das Perisperm, das Endosperm und den vom letzteren umschlossenen Embryo. Die äußersten Schichten des Nucellus sind geschrumpft und zu einem dünnen Häutchen zusammengepresst. Den größten Umfang erreichen diese zusammengepressten Schichten an der Nucellusspitze. Hier liegt unmittelbar unter den geschrumpften Geweben der vom Endosperm vollständig eingehüllte Embryo, mit diesem zusammen einen linsenförmigen Körper bildend, dessen Kante der Begrenzung jenes oben besprochenen, kreisförmig umschriebenen Teils des inneren Integuments entspricht, und der mit seiner dem Innern des Samens zugekehrten Fläche an das eigentliche Perisperm stößt, welches bei weitem den größten Teil des Samenkerns einnimmt. Das Endosperm ist auf der äußeren, unter der Nucellusspitze liegenden Seite sehr schwach entwickelt und zur Zeit der Samenreife ganz entleert, auf der inneren, an das Perisperm grenzenden Seite ist es etwas stärker und zuletzt noch in einer Schicht mit Inhaltsstoffen versehen. Die letzteren bestehen zum großen Teil aus Eiweißsubstanzen. Außerdem kommen Öltropfen vor. Die Zellwände sind dünn und färben sich durch Chlorzinkjod blau. Dabei werden oft ungefärbt bleibende Flecke sichtbar, welche wohl als zarte Tüpfel aufzufassen sind, als Membranteile, die sich so fein erhalten haben, dass jene Reaction an ihnen nicht sichtbar wird. Allem Anscheine nach sind also hier trotz der Dünnwandigkeit der Zellen noch Vorrichtungen zur Erleichterung der Stoffwanderung getroffen. Der Embryo besitzt zwei verhältnismäßig dicke Cotyledonen, welche seine Hauptmasse ausmachen, und die unterhalb der Nucellusspitze in einen kleinen Höcker, die Radicula, übergehen. Die Ebene, in welcher sie sich treffen, liegt zwischen der durch Rhaphe und Mikropyle gelegten und der zu ihr senkrecht stehenden Längsachsenebene, bald der einen, bald der andern mehr genähert. Die Cotyledonen sind innen hohl und umschließen die Plumula. Die letztere lässt ein stark verkürztes Stämmchen und 2 Blattanlagen, eine größere und eine kleinere unterscheiden. Die Stellung der letzteren kreuzt sich mit der der Keimblätter. Ihrem Inhalt nach verhalten sich die dünnwandigen Zellen, aus denen die Keimblätter bestehen, wie das Endosperm. Das gleichförmige Gewebe wird nur durch je ein aus dünnwandigen, langgestreckten und zugespitzten Zellen bestehendes Leitbündel unterbrochen, welches vom Grunde der Plumula her eintritt. In dieser sind gleichfalls Leitbündelanlagen sichtbar, welche bis in die Blatthöcker hineinreichen. Sie unterscheidet sich schon bei der Betrachtung mit bloßem Auge von den weißlichen Cotyledonen durch ihre gelbliche Farbe und besteht aus inhaltsreichen, sehr kleinen Zellen, die in ihrer äußersten Lage bereits den Charakter des Protoderms erkennen lassen. Das Perisperm. Bei weitem der größte Teil des Nucellus ist zu einem stärkereichen, mehligen Perisperm geworden, dessen lückenlos aneinanderschließende Elemente meist von 6-seitigen Flächen begrenzt

sind und sehr zarte Wände besitzen. Die peripherischen Perispermzellen sind stark abgeplattet und ziemlich klein, dann nimmt nach innen die Größe bedeutend zu, bis in das unter dem Embryo in der Umgebung der Achse liegende Gebiet, wo die Zellen wieder sehr klein sind. In der Achse selbst ist, jedenfalls durch Auflösung von Perispermzellen, unmittelbar unter dem Embryo ein kleiner Hohlraum zu stande gekommen. Im übrigen sind die dem Embryo angrenzenden Perispermzellen zwar noch erhalten, haben aber ihren Inhalt bereits abgegeben. Die Elemente des Perisperms zeigen durch die Art ihrer Anordnung und Streckung das Bestreben, Leitungsbahnen von den peripherischen Teilen nach dem Embryo hin auszubilden. Dementsprechend sind auch die in der Achse des Samens gelegenen Zellen, in denen die Stoffe den größten Weg zurückzulegen haben, am stärksten gestreckt. Die Stärkekörner sind von polyedrischer Gestalt und zu Klumpen zusammengeballt, die in ein Protoplasmagerüst eingebettet sind und sehr leicht in ihre Bestandteile zerfallen.

Victoria Cruziana D'Orb. weicht von *V. regia* nur durch größere, etwas dunkler gefärbte Samen und durch niedrigere Hartschichtzellen ab.

Euryale ferox Sal.[1])

Der Arillus verhält sich wie bei *Victoria Regia.*

Äußere Merkmale des Samens. Der Same ist ungefähr kuglig, leicht gerunzelt, matt bis schwach glänzend, olivenfarbig. Der an dem einen Ende gelegene Samendeckel besitzt etwas hellere Farbe. Er trägt in seiner Mitte in einer kleinen Vertiefung die Mikropyle und ist von einer tiefen, ringförmigen Furche umschrieben, welche auf der der Rhaphe zugekehrten Seite mehr oder weniger unterbrochen ist. Hier liegt außerhalb des Samendeckels, ihm angrenzend, das große, elliptische Hilum, welches in der Richtung der daran sich anschließenden Rhaphe gestreckt ist und an Länge dem Durchmesser des Samendeckels nahezu gleichkommt. Die Rhaphe tritt, wenn man ihren Verlauf vom Hilum ausgehend verfolgt, zunächst stark hervor, indem sie jederseits von einer länglichen Vertiefung begrenzt wird; gegen das Chalazaende hin wird sie schwächer.

Die Samenschale besteht aus einer äußeren, von mehr oder weniger palissadenförmigen Zellen gebildeten Hartschicht und zahlreichen inneren Schichten, deren locker gelagerte Elemente in den äußeren Partien isodiametrisch, in den inneren tangential abgeplattet sind.

Soweit die Samenschale nicht dem Samendeckel angehört, ist ihr Bau, genauer betrachtet, folgendermaßen beschaffen. Die Ausdehnung der inneren Schichten, deren Elemente dickwandig, getüpfelt und verholzt sind, wechselt in den verschiedenen Teilen des Samens, wodurch die

---

1) Fig. 2 und 3.

runzliche Beschaffenheit seiner Oberfläche hervorgerufen wird. Am stärksten sind sie immer in der Rhaphe, wenigstens da, wo dieselbe stark hervortritt, ausgebildet. Die Zellen der Hartschicht sind radial gestreckt, zuweilen aber, namentlich in den seitlich von der Rhaphe gelegenen Vertiefungen, nähert sich die Höhe sehr der Dicke. Die Außenwände sind stark, die Innenwände schwächer, die Seitenwände sehr wenig verdickt. Bei denen, die in dem scharf hervortretenden Teile der Rhaphe und denen, die in der Umgebung des Samendeckels gelegen sind, vereinzelt auch an anderen Stellen, ist das Lumen nicht überall gleich weit, sondern verengt sich oben unter der Mitte der Außenwand plötzlich sehr stark, so dass es hier ungefähr knopfförmige Gestalt annimmt. Eigentümlich ist überall die Zusammensetzung der Außenwand. Die innerste Schicht ist von hellgelblicher Farbe, bis auf ein äußerst feines, das Lumen begrenzendes Cellulosehäutchen verholzt und teilt diese Eigenschaften mit den Seiten- und Innenwänden. Sie folgt ziemlich genau der Umgrenzung des Lumens, während die jetzt zu besprechende folgende Schicht an ihrer Oberfläche abgeflacht oder nur schwach gewölbt ist, so dass sie bei knopfförmiger Verengung des Lumens über dieser, also in der Mitte, eine geringere Dicke besitzt, als seitlich, nach den Zellrändern hin. Sie ist hyalin oder leicht verfärbt, zeigt eine schwache Schichtung und färbt sich durch Chlorzinkjod blau. An den Zellgrenzen wird sie unterbrochen durch starke hyaline, nach innen vorspringende Leisten der nächsten Lamelle, welche indes nur hier an den Zellgrenzen deutlich erkennbar, in den übrigen Teilen unmerklich fein ist. Dieselbe wird durch Chlorzinkjod nicht gefärbt, ebenso wie die gleichfalls glashelle 4. Lamelle, die an den Zellgrenzen ebenfalls stärker ist als an den übrigen Teilen, dort aber *abgerundete*, nach *außen* vorspringende Leisten bildet. Zu äußerst endlich liegt ein leicht ablösbares, sehr feines Häutchen. Dasselbe ist in Schwefelsäure teilweise unlöslich, an anderen Stellen löst es sich auf. Porencanäle sind in der Außenwand weniger häufig, als in den Seiten- und Innenwänden. Bei ersteren zeigen sie in Flächenansicht strichförmige Gestalt und erscheinen in der Richtung der Längsstreckung der Zelle orientiert oder leicht dazu geneigt. Die Seitenwände sind nicht gewellt und etwa gleich groß, so dass die Zellen auf Flächenschnitten ungefähr regulär polygonale Umrisse zeigen.

Beträchtliche Verschiedenheiten von den eben geschilderten Verhältnissen zeigt der Bau der Samenschale im Samendeckel. Die unter der Hartschicht gelegenen Gewebe des Samendeckels sind dünnwandig, wenig oder gar nicht verholzt. Die Hartschichtzellen erscheinen von außen gesehen, soweit sie der Rinne angehören, in der Richtung der Peripherie tangential gestreckt, während die, welche innerhalb der Rinne und an der Grenze des Hilums liegen, isodiametrische Außenflächen besitzen. Auf Längsschnitten bemerkt man, dass die Zellen in der Rinne und in der

Nachbarschaft des Hilums sehr niedrig sind, dass dann allmählich die Höhe größer wird, als an irgend einer andern Stelle der Hartschicht des Samens, und endlich in der Umgebung der Mikropyle wieder abnimmt. Die Rinne kommt außer durch die Niedrigkeit der ihr angehörigen Hartschichtzellen dadurch zu stande, dass die Hartschicht an dieser Stelle eine Biegung nach innen macht. In der Beschaffenheit der Wandung weichen die Hartschichtzellen des Samendeckels so bedeutend von den übrigen ab, dass man, beide für sich gesehen, nicht glauben würde, Teile ein und desselben Samens vor sich zu haben. Das Lumen ist überall gleich weit, die Wände sind sehr dick, innen und an den Seiten gleich, außen ein wenig stärker, zum größten Teil verholzt und von gelblicher Farbe, geschichtet, alle von zahlreichen, im Querschnitt rundlichen Porencanälen durchsetzt, welche stets an der Grenze von Außen- und Seitenwänden, oft auch an anderen Stellen verzweigt sind. Das Innere wird von einem feinen Cellulosehäutchen ausgekleidet. Außerdem kommen noch an der Oberfläche der Außenwand unverholzte Lamellen vor, welche, wenn auch in weit geringerer Ausdehnung, einen ähnlichen Bau wiedergeben, wie er für die übrigen Hartschichtzellen festgestellt wurde. Auf jeder verholzten Außenwand liegt eine durchsichtige Celluloselamelle, die von dem entsprechenden Teil der Nachbarzelle durch eine vorspringende, gleichfalls durchsichtige Leiste der nächsten, im übrigen kaum wahrnehmbaren Schicht getrennt wird, welch' letztere keine Cellulosereaction giebt. Darauf folgt entweder unmittelbar ein feines Häutchen, oder es wird zwischen diesem und der vorerwähnten Schicht über den Zellgrenzen noch eine hyaline Lamelle sichtbar. Bei den in der Mitte des Samendeckels gelegenen Zellen ist übrigens die Ausbildung der unverholzten, äußeren Partien schwächer, und in der Umgebung der Mikropyle sind sie auf ein einfaches, dünnes Häutchen beschränkt.

In der Beschreibung, welche Arcangeli (Nr. 1) über den Samen von *Euryale* giebt, wird diese abweichende Ausbildung der Zellen des Samendeckels nicht erwähnt. Ferner sind die Angaben über den Bau der Außenwand der übrigen Hartschichtzellen nur unvollständig.

Das innere Integument gleicht dem von *Victoria regia.*

Dasselbe gilt für die aus dem Nucellus hervorgegangenen Gewebe. Nur scheinen im Embryo und Endosperm die Öltropfen selten zu sein, und ferner ist die Plumula weiter entwickelt, indem sie schon 4—5 Blattanlagen zeigt.

Nymphaea alba Presl.

Der Arillus gleicht im wesentlichen dem von *Victoria* und *Euryale.* Nur liegt die innere Schicht dem Samen nicht so dicht an, wie bei jenen, ferner ist am Chalazaende eine Öffnung zu erkennen.

Äußere Merkmale des Samens. Der vom Arillus umschlossene Same ist eiförmig-ellipsoidisch, dunkelgrün, glatt, glänzend. An dem einen Ende liegen nahe bei einander Mikropyle und Hilum. Vom letzteren aus verläuft eine Erhebung, die Rhaphe, bis zum entgegengesetzten Ende.

Die Samenschale lässt zwei Teile unterscheiden, eine äußere Schicht dickwandiger, dicht aneinanderschließender und wenige innere Schichten gleichfalls dickwandiger, aber locker gelagerter Zellen. Diese letzteren bilden zusammengenommen eine ebenso dicke Lage, als die äußere Schicht für sich allein, sind stark tangential abgeplattet und lassen große, tangentiale Luftspalten frei. Ihre Wände sind bis auf einen geringen, dem Lumen angrenzenden Teil verholzt. Die Zellen der äußersten Lage der Hartschicht zeigen gleichfalls eine starke tangentiale Abplattung, niemals Palissadenform. Das Lumen ist ziemlich klein, die Verdickung beträchtlicher als bei den inneren Schichten, bei den Außenwänden weitaus am stärksten, bei den Innenwänden am schwächsten. Alle werden von Porencanälen durchsetzt, sind farblos, deutlich geschichtet und verholzt, bis auf eine zarte, dem Lumen angrenzende Celluloselamelle und eine feine, äußere Cuticula, welche an den Zellgrenzen kleine, nach innen eindringende Leisten bildet. Die Cuticula bräunt sich durch Jodlösung stark und wird von Schwefelsäure nicht gelöst. Als Inhaltsstoffe der Zellen treten bläulich grüne Farbstoffkörner auf, welche bei der Durchsichtigkeit der Wände dem Samen die grüne Färbung verleihen. Dieselben sind übrigens auch in den unteren Schichten zu finden. Auf Flächenschnitten beobachtet man eine deutliche, längsverlaufende Reihenbildung der Hartschichtzellen, ferner, abgesehen vom Mikropylenende, auf welches ich später noch zu sprechen komme, eine Wellung der Radialwände, jedoch nur in ihrem äußeren Teil. Die der Rhaphe angehörigen Hartschichtzellen sind in der Richtung jener Reihen gestreckt, die übrigen senkrecht zu derselben.

In der Nähe von Hilum und Mikropyle begegnen wir wieder Abweichungen. Zwar vermissen wir hier einen durch eine Ringfurche begrenzten Samendeckel, doch hört die Wellung der Seitenwände auf, die Zellen werden nach der Mikropyle zu immer kleiner und bilden in dieser Richtung exacte Reihen, die auf der einen Seite durch das Hilum unterbrochen werden. Letzteres liegt der Mikropyle sehr nahe und wird von ihr und durch Reihen von etwa 3 Zellen getrennt. Die Mikropyle ist hier weiter als bei *Victoria* und *Euryale*, wo sie oft nahezu geschlossen ist. In der Nähe der Grenze der Zellen mit gewellten und der mit ungewellten Seitenwänden sind die letzteren auch noch durch Vorwölbung der Innenwände und die Verengung des Lumens nach außen charakterisiert, eine Eigentümlichkeit, die sich nach der Mikropyle zu wieder verliert. Am Rande der letzteren setzt sich die Hartschicht ein Stück nach innen fort. Unter dem Hilum liegen dickwandige, rundliche Zellen, welche etwas dichter gelagert sind, als die auf die Hartschicht folgenden.

Das innere Integument verhält sich ähnlich wie in den vorher behandelten Fällen. Es ist hier gleichfalls bis auf den über der Nucellusspitze gelegenen Teil zu einem dünnen Häutchen zusammengepresst. Auch den oben auseinandergesetzten Aufbau der nicht zusammengedrückten Partie finden wir hier wieder, doch ist die Wandverdickung der innersten Schicht stärker, ebenso die der äußeren Gewebe, welche die um die geschlossene Mikropyle emporragende Erhebung bekleiden.

Die aus dem Nucellus hervorgegangenen Gewebe bieten nichts Neues. Die Plumula des Embryo trägt 2 Blattanlagen. Die Öltropfen in den Cotyledonen und im Endosperm sind sehr zahlreich.

Bezüglich der Ausbildung der Hartschicht finden sich unter den übrigen Arten der Gattung *Nymphaea* einige Abweichungen, welche in der später folgenden Zusammenstellung berücksichtigt werden sollen [1]).

Barclaya longifolia Wall.[2])

Äußere Merkmale. Der den Arillus entbehrende Same ist klein, dunkelbraun, kugelig, bis auf eine kleine mit bloßem Auge kaum sichtbare Zuspitzung, welche die Mikropyle trägt, und dicht mit zerbrechlichen Stacheln besetzt. Das Hilum liegt der Mikropyle diametral gegenüber: der Same ist aus einer geradläufigen Anlage hervorgegangen.

Die Samenschale besteht, soweit sie aus dem äußeren Integument entstanden ist, aus etwa 4 Schichten, welche jedoch bis auf die beiden äußeren zusammengepresst sind. Die Zellen der letzteren sind dicht mit braunem Inhalt erfüllt. Die untere Lage besteht aus dünnwandigen, stark tangential abgeplatteten Elementen. In der oberen sind die Seitenwände gleichfalls sehr niedrig und ebenso wie die Innenwände dünn, die Außenwände aber etwas stärker und zu je einem mächtigen Stachel ausgestülpt. Der innere Teil der Außenwände besteht aus Cellulose, an der Oberfläche liegt eine in Schwefelsäure unlösliche Cuticula, welche lange Papillen trägt, die an der Spitze des Stachels am stärksten ausgebildet sind. Die Seitenwände sind bis an die Mikropyle heran stark gewellt, ein Samendeckel ist nicht ausgebildet. Die Mikropyle liegt auf einer kleinen Zuspitzung, welche dadurch entstanden ist, dass die Ränder des Integuments sich nicht direct entgegengewachsen sind, sondern sich noch ein kleines Stück röhrenförmig nach außen verlängert haben. Indem an dieser Stelle die Zellen der äußersten Schicht ziemlich klein sind, erscheinen die Stacheln sehr genähert, und da sie außerdem nicht von der Röhre abstehen, sondern ihr anliegen, so entsteht ein kleiner Schopf. An der Chalaza findet wie gewöhnlich das aus dem äußeren Integument hervorgegangene Gewebe eine Fortsetzung. Doch wird auch hier die Anzahl der unter der Epidermis — von einer Haarschicht kann man bei *Barclaya* nicht gut sprechen — ge-

---

1) Fig. 4, 5, 6. 2) Fig. 7.

legenen Schichten größer. Diese durch ihren braunen Inhalt gekennzeichneten Gewebe spalten sich schließlich in einen inneren mehrschichtigen Teil, welcher dem Perisperm anliegt, und einen äußeren, gleichfalls mehrschichtigen, welcher die äußere Bekleidung des Funiculus an dessen Ansatzstelle darstellt. Zwischen beiden liegen farblose Gewebe, welche die Leitbündelreste enthalten.

Das wenigschichtige innere Integument ist wieder bis auf den über der Nucellusspitze liegenden Teil stark zusammengepresst. An dem letzteren zeigt die innerste Schicht die bekannte charakteristische Verdickung, alle darüber liegenden Partien sind zusammengeschrumpft. In der Umgebung der geschlossenen Mikropyle ist das innere Integument zu einem schlank kegelförmigen Zapfen ausgebildet, welcher in die äußere Mikropylenröhre hineinragt.

Die Gewebe des Nucellus. Unter den geschrumpften Zellen der Nucellusspitze liegt wie gewöhnlich vom Endosperm umkleidet der Embryo. Beide führen reichlich Eiweißstoffe und Öltropfen. In der Plumula finden sich Leitbündelanlagen, die aus dünnwandigen, spindelförmigen Zellen bestehen, ein ebenso gestalteter Leitbündelstrang auch in jedem Keimblatt. Die Plumula zeigt hier keine Blattanlagen, sondern stellt einen einfachen Höcker dar. Bezüglich des Perisperms ist nur hervorzuheben, dass die peripherischen Zellen klein und tangential abgeplattet sind, dann nach innen große stärkereiche Elemente folgen, die den Hauptteil des Perisperms ausmachen, endlich die Achse des Samens ein Strang von kleinen Zellen einnimmt, die in der Richtung jener gestreckt sind und weniger Stärke führen. Eine besondere Orientierung der den axilen Strang umgebenden Zellen zu jenem tritt bei der geringen Größe des Samens nicht deutlich zu Tage. Ebensowenig entdeckte ich einen Hohlraum im Perisperm.

Nuphar luteum Sm.[1]

Ein Arillus ist nicht vorhanden, auch kein rudimentärer, wie ihn Arcangeli (Nr. 1) annimmt. Die Gewebestreifen, welche er in dieser Weise gedeutet hat, sind nichts als Fetzen der aus sehr locker gelagerten Zellen gebildeten inneren Fruchtwandung, welche schon bei Präparation der Samenanlagen sich sehr leicht mit dem Funiculus loslösen und ebenso dem frei in der Frucht liegenden reifen Samen anhaften.

Äußere Merkmale. Der Same ist gelbbraun, glänzend glatt und von länglich eiförmiger Gestalt, so dass das eine Ende mehr zugespitzt, das andere mehr abgerundet ist. Am ersteren liegt, von einer ringförmigen Furche umschrieben, der sehr kleine Samendeckel, welcher die Mikropyle und dicht neben derselben das Hilum trägt. Von hier aus zieht die Rhaphe, welche eine starke, vorspringende Kante bildet, bis zum Chalazaende, wo sie plötzlich aufhört und zugleich ihre größte Höhe erreicht.

1) Fig. 8 u. 9.

Die Samenschale lässt wieder 2 Teile unterscheiden, eine äußere Schicht dickwandiger, dicht aneinanderschließender und mehrere innere Schichten locker gelagerter Zellen.

Abgesehen von dem später zu besprechenden Samendeckel sind die letzteren ziemlich groß und besitzen etwas verdickte, gelbliche, verholzte und getüpfelte Wände. Die äußeren von ihnen sind ziemlich isodiametrisch und dickwandiger als die weiter nach innen gelegenen, welche eine tangentiale Abplattung zeigen. Alle diese zuletzt besprochenen Gewebe sind zusammen etwa bis doppelt so stark als der äußere Teil der Samenschale, die Hartschicht. Am Chalazaende erreichen sie indessen einen weit größeren Umfang und gehen nach innen in einen kappenförmigen Complex gebräunter dünnwandiger Zellen über, in welchem die Endigungen des in der Rhaphe verlaufenden Leitbündels liegen. Der äußere Teil der Samenschale, die Hartschicht, besteht aus prismatischen, also geradwandigen, auf Flächenschnitten die Begrenzung regulärer Polygone und unbestimmte Anordnung zeigenden, senkrecht zur Samenoberfläche gestreckten Zellen, deren Wände, namentlich die äußeren, stark verdickt sind und sämtlich von im Querschnitt rundlichen Porencanälen durchsetzt werden. Den äußeren Abschluss bildet eine glatte, in Schwefelsäure unlösliche, zwischen die benachbarten Wände eindringende Cuticula. Der übrige Teil der Wandung ist von gelblicher Farbe, sehr deutlich geschichtet (namentlich in der Umgebung des Lumens) und verholzt. Doch reicht die Verholzung hier nicht so weit nach innen wie bei *Victoria*, so dass bei Anwendung von Phloroglucin und Salzsäure die rote Färbung in der Mitte der Wandung verblasst und nach innen zu sich allmählich verliert. Dem entsprechend reicht die durch Chlorzinkjod erzielte Blaufärbung der inneren Partien ziemlich weit nach außen.

Im Samendeckel bilden die Zellen der Hartschicht nach der Mikropyle gerichtete Reihen. Soweit sie der Rinne angehören, sind sie tangential, parallel zu deren Umgrenzung gestreckt, während sie innerhalb der Rinne wieder isodiametrische, aber sehr kleine Außenflächen besitzen. Die Untersuchung des Längsschnittes ergiebt, dass die Höhe eine außerordentlich geringe ist, was namentlich für die am Rande des Deckels gelegenen Zellen gilt, welche sich in einem sehr raschen Übergang an die außerhalb gelegenen höheren Elemente anschließen, wobei gleichzeitig die Hartschicht eine kräftige Biegung nach innen ausführt und so die bereits erwähnte Rinne zustandekommen lässt. Die Lumina sind meist nach außen verengt, die Außen- und der obere Teil der Radialwände durch verhältnismäßig starke Verdickung ausgezeichnet, die Innenwände vorgewölbt. Am Rande der Mikropyle setzt sich die Hartschicht ein Stück auf die Innenseite der Samenschale fort und schließt zwischen ihrem inneren und äußeren Teil kleine, rundliche, sehr dickwandige Zellen ein. Ebenso gestaltet ist das Gewebe, welches unter dem Hilum und im Anfang der Rhaphe die Leit-

bündelreste umgiebt. In den übrigen Teilen des Samendeckels liegt unter der Hartschicht dünnwandiges Gewebe. Diese hat sich am Rande des Deckels, wo sie die Rinne bildet, von den unter ihr liegenden zartwandigen Zellen losgelöst.

Das innere Integument zeigt nur geringe Abweichungen von den früher beschriebenen Verhältnissen. Der größte Teil besteht wieder aus 2—3 Schichten, die zu einem dünnen Häutchen zusammengepresst sind. Für *Nuphar* charakteristisch ist aber die dunkelblaue Farbe dieses Häutchens, welche durch zahlreiche, in den Zellen auftretende Chromatophoren hervorgerufen wird. Diese Farbe fehlt jedoch dem über der Nucellusspitze gelegenen Teil, welcher den bekannten, eigentümlichen Bau zeigt. Die Wandverdickung der Innenschicht ist indes geringer als bei *Nymphaea*, die um die geschlossene Mikropyle gebildete Erhöhung ziemlich beträchtlich. Die dickwandigen Zellen, welche den oberen Teil jener Erhöhung bilden, sind von brauner Farbe und stark verholzt, die zwischen diesen und der Innenschicht liegenden dünnwandigen Partien sind sehr umfangreich.

Die aus dem Nucellus hervorgegangenen Teile des Samens zeigen ebenfalls nur geringe Abweichungen. Der unter den dünnwandigen, geschrumpften Zellen der Nucellusspitze gelegene Embryo ist hier nicht linsenförmig abgeplattet, sondern kurz keulenförmig, nach außen stärker zugespitzt als nach innen. Die Plumula trägt 2 Blattanlagen, eine größere und eine kleinere. Das Endosperm ist stark entwickelt und besitzt zur Zeit der Samenreife da, wo es an das Perisperm grenzt, nicht eine, sondern 2 oder mehr Schichten von Zellen, die noch nicht entleert sind. Hier wie in den Cotyledonen sind die Öltropfen sehr zahlreich vorhanden. Ich unterschied solche von grünlich gelber Farbe und farblose. Nur die ersteren wurden indessen durch Osmiumsäure gebräunt. Ich vermag nicht zu entscheiden, ob jene farblosen Körper, die in ihrer Gestalt und ihrem Lichtbrechungsvermögen den Öltropfen gleichen, wirklich als solche zu betrachten sind, und ihre Verschiedenheit in der Farbe und in chemischer Hinsicht nur auf eine beginnende Zersetzung zurückzuführen ist, oder ob wir es hier mit anderen Inhaltskörpern zu thun haben. Gegen Jodlösungen und alle Farbstoffe, die ich anwandte, verhielten sie sich indifferent. Übrigens kommen sie auch bei den übrigen Nymphaeaceen außer *Nelumbo* vor, und ich erwähne ihr Verhalten nur deshalb an dieser Stelle, weil sie gerade bei *Nuphar* besonders häufig sind.

Wie früher besitzen die Cotyledonen und die Plumula Leitbündel, welche aber im ersteren Falle spiralige Wandverdickungen zeigen.

Dem Perisperm eigentümlich ist ein in der Längsachse des Samens gelegener Hohlraum, welcher am Chalazaende ziemlich weit ist, dann aber noch vor der Mitte des Samenkerns außerordentlich, fast verschwindend fein wird und etwas unterhalb des Endosperms endet. Derselbe scheint durch Auflösung von Zellwänden zu entstehen, tritt schon vor Verholzung

der Samenschale an der Chalaza auf und dehnt sich von da in der Richtung nach dem Embryo aus. Im reifen Samen umgeben diesen Hohlraum kleine, in der Achsenrichtung gestreckte und reihenbildende Zellen, welche weniger Stärke führen, als die peripherischen Perispermzellen, und bis zum Endosperm reichen. Hier treffen sie mit den entleerten Perispermzellen zusammen, welche wie in den früheren Fällen dem Endosperm unmittelbar anliegen. Die peripherischen Perispermzellen, welche groß und mit Stärke dicht erfüllt sind, zeigen das Bestreben, Leitungsbahnen zu bilden, die nicht wie bei *Victoria* etc. nach dem Embryo direct, sondern nach jenem axilen Strange gerichtet sind, dessen Elemente dann erst die Zuleitung der Stoffe zum Embryo zu besorgen scheinen. Die allgemeine Gestalt der Perispermzellen und der Bau der Stärkekörner zeigt keine Verschiedenheit von dem bekannten Typus.

Die übrigen Arten der Gattung *Nuphar* verhalten sich bis auf geringe Abweichungen in Gestalt und Farbe ebenso wie *N. luteum*.

Cabomba aquatica Aubl.[1]).

Äußere Merkmale. Same ohne Arillus, kuglig-eiförmig, bis auf den von seichter Furche begrenzten Samendeckel mit Längsreihen bildenden Höckern bedeckt, dunkler und heller braun oder grau gesprenkelt. Rhaphe wenig hervortretend. Auf dem Samendeckel liegen Mikropyle und Hilum, die verschmolzen sind. Auf der der Rhaphe zugekehrten Seite des letzteren findet sich ein erhöhter, nach oben zugespitzter, nach den Seiten sich verlierender Rand.

Die Samenschale besteht aus einem inneren, von wenigen Schichten stark zusammengepresster, dünnwandiger oder etwas dickwandiger Zellen gebildeten Teil und einer äußeren Zelllage, der Hartschicht, die sich durch die starke Verdickung der Außenwände auszeichnet.

Betrachten wir zunächst die Samenschale, soweit sie nicht zum Samendeckel gehört. Die unter der Hartschicht liegenden Gewebe erreichen ihre größte Ausdehnung am Chalazaende, wo die Leitbündelendigungen liegen. In der Hartschicht sind die Innenwände dünn geblieben, die Seitenwände etwas, die Außenwände, wie schon erwähnt, stark verdickt. Letztere wölben sich nach außen stumpf kegelförmig vor und veranlassen somit die bereits erwähnte höckerige Beschaffenheit der Samenoberfläche. Merkwürdig ist der Bau dieser Außenwände. Zu äußerst liegt eine zarte, sich leicht loslösende Cuticula. Darauf folgt eine starke, beim Übergang in die Seitenwände sich verjüngende, hyaline Celluloseschicht, auf deren Innenseite eine dünnere, verholzte, gelbliche Lamelle liegt, die nur ganz dicht am Lumen in ein feines Cellulosehäutchen übergeht. Jene verholzte Lamelle entsendet von ihrer Außenseite zahlreiche, den größten Teil der Cellulose-

1) Fig. 10.

schicht durchsetzende Stacheln, welche Porencanäle in sich aufnehmen. Ob diese Porencanäle in den Stacheln blind enden oder dieselben völlig durchbohren, vermochte ich nicht zu entscheiden. Zur besseren Unterscheidung der hellgelblichen, inneren Lamelle mit ihren Stacheln und der hyalinen Celluloseschicht ist die Behandlung mit Chlorzinkjod sehr geeignet, wobei sich jene gelbbraun, diese blau färbt. Bemerkenswert ist, dass auf Zusatz von Schwefelsäure außer der Cuticula und den Mittellamellen auch von der gelben Innenschicht der äußerste Teil in Gestalt eines stacheltragenden Häutchens ungelöst bleibt. In der Nähe der Zellgrenzen werden die Außenwände dünner und mit ihnen auch die Celluloselamellen, welche dann, im oberen Teil der Seitenwände zusammentreffend, sich verlieren. Von da an sind die Seitenwände völlig verholzt und von gelblicher Farbe. Sie besitzen Porencanäle und sind sehr niedrig, so dass ihre Höhe meist nur einem Drittel der Zellhöhe, von der Innenwand bis zum Scheitel der vorgewölbten Außenwand gerechnet, gleichkommt. Endlich ist ihre starke Wellung hervorzuheben.

Am Rande des Samendeckels, der jetzt betrachtet werden soll, führt die Hartschicht eine leichte Biegung nach innen aus, wodurch die oben erwähnte Furche zu stande kommt; von hier aus steigt sie ziemlich steil auf, so dass der Deckel stark gewölbt erscheint, und erhebt sich auf der der Rhaphe zugekehrten Seite des Hilums zu einem zugespitzten Rand, welchen man als einen Teil des im übrigen dünnwandig gebliebenen und geschrumpften Funiculus auffassen kann. Hilum und Mikropyle sind, wie schon erwähnt, verschmolzen, und ihre freien Ränder gehen seitlich in einander über. Zwischen diesen finden sich dünnwandige Gewebereste und, der Umrandung des Hilums genähert, die vertrockneten Leitbündel. Die Hartschichtzellen sind wie in den übrigen Teilen des Samens in Reihen geordnet; dieselben verlieren sich erst in der unmittelbaren Umgebung von Mikropyle und Hilum. Der Bau der Wandungen zeigt einige Abweichungen. Die Seitenwände sind, ebenso wie die Innenwände, stärker verdickt und reich getüpfelt, ferner gerade, nicht gewellt. Die Außenwände wölben sich nicht zu Höckern vor, sondern sind flach. Der Holzteil kommt in ihnen dem Celluloseteil an Stärke gleich. Die der Furche angehörigen Hartschichtzellen sind parallel den Umrissen derselben tangential gestreckt, während im mittleren Teil des Deckels die Außenflächen isodiametrisch sind, und zugleich der Dickendurchmesser der Zellen ein geringerer ist als in den übrigen Teilen des Samens. Die Zellhöhe ist in der Furche sehr gering, dann nimmt sie innerhalb derselben zu, um sich endlich an den Rändern von Hilum und Mikropyle wieder stark zu vermindern. Am Mikropylenrand setzt sich die Hartschicht auf die Innenseite der Samenschale fort.

Das innere Integument ist dadurch ausgezeichnet, dass die cylindrische Erhebung, welche früher vom Mikropylencanal durchsetzt wurde, bis auf die innerste Schicht, welche den typischen Bau zeigt, aus

isodiametrischen, sehr dickwandigen, stark getüpfelten, verholzten Zellen besteht.

Der Samenkern bietet wenig Neues. Über Embryo und Endosperm kann ich allerdings keine ganz genauen Angaben machen, da die Samen, welche mir zur Verfügung standen, noch nicht ganz reif waren. Doch ließen sich in der Hauptsache die gewöhnlichen Verhältnisse erkennen.

Dem Perisperm eigentümlich ist ein vom Endosperm bis dicht zur Chalaza reichender, überall gleich weiter, axiler Hohlraum, welcher von wenigen, in demselben Sinne gestreckten, kleinen und stärkearmen Zellen begrenzt wird. Die diese umgebenden großen und dicht mit Stärke erfüllten Zellen zeigen das Bestreben, zu jenem Hohlraum hin Leitungsbahnen zu bilden. An der äußersten Peripherie des Samenkerns liegen wieder wenige Schichten tangential abgeplatteter, stärkearmer Zellen. Die an das Endosperm grenzenden, wie gewöhnlich entleerten Perispermzellen führen einzelne Krystalle, welche Jod und Farbstoffe nicht aufnehmen und von Säuren ohne Gasentwickelung gelöst werden. Sie scheinen aus oxalsaurem Kalk zu bestehen.

Brasenia purpurea (Michx.) Casp.[1]).

Eine Beschreibung der Samenschale habe ich bereits in meiner oben erwähnten, die fossilen Nymphaeaceen-Gattungen *Cratopleura* Weber und *Holopleura* Casp. behandelnden Arbeit gegeben und kann mich daher in diesem Punkte, indem ich auf jene Abhandlung verweise, kurz fassen.

Äußere Merkmale. Der Same ist von ellipsoidischer Gestalt und brauner Farbe. An dem einen Ende befindet sich der von einer seichten Furche umschriebene Samendeckel, welcher Hilum und Mikropyle trägt. Diese sind verschmolzen, und ersteres wird auf der Seite, welche der wenig hervortretenden Raphe zugekehrt ist, von einer mehr oder weniger zugespitzten, nach den Seiten allmählich sich verlierenden Fortsetzung der Hartschicht des Deckels berandet.

Die Samenschale besteht aus einer äußeren Hartschicht und wenigen inneren Schichten, die aus dünnwandigen Zellen zusammengesetzt werden. Die Hartschichtzellen des Samendeckels verhalten sich in einigen später hervorzuhebenden Punkten anders als die übrigen, die zunächst Berücksichtigung finden sollen. Bei diesen herrscht stellenweise Anordnung in Längsreihen, die Streckung ist ausgesprochen radial. Die Innenwände und die Radialwände im unteren Teil sind dünn. Nach oben verdicken sich die letzteren immer mehr, bis sie zwischen dem unteren Drittel und der Mitte der Zellhöhe so nahe zusammentreten, dass das unten weite Lumen auf eine Spalte reduciert wird, die auf Flächenschnitten mehr oder weniger verzweigt erscheint. Die deutlich geschichteten Wände sind mit zahlreichen

---

1) Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XI. Taf. XVIII. Fig. 1—5.

Porencanälen versehen, welche im dünn gebliebenen Teil der Seitenwände so nahe zusammenrücken, dass sie den Maschen eines Netzes gleichen. Weiter nach oben, wo die Seitenwände an Dicke zunehmen, ist die Mündung der Porencanäle in das Lumen auch noch ziemlich weit, ihr weiterer Verlauf aber schwierig zu verfolgen. Letzteres gelingt am besten in der Nähe der Samenoberfläche, wo die Mündung dem übrigen Teil an Weite ziemlich gleich kommt. Die Wandung ist größtenteils verholzt und von gelblicher Farbe. Nur das Zelllumen umgiebt ein feines Cellulosehäutchen, und außen findet sich eine continuierliche, unverholzte, farblose oder graue Lamelle, die an den Zellgrenzen leistenartig nach innen vorspringt. Sie besitzt zahlreiche, kleine Vertiefungen, in welche Höcker des Holzteiles eingreifen. Auf dünnen Schnitten sieht man unter jedem dieser Höcker einen Porencanal enden. Die äußere Oberfläche ist bei manchen Zellen eben, bei anderen stülpt sich die Außenwand in der Mitte zu einem knopfartigen Höcker aus. Auf Flächenschnitten bemerkt man eine Wellung der Seitenwände, die außen am stärksten ist und sich nach innen zu verliert.

Am Rand des Samendeckels macht die Hartschicht eine Biegung nach innen, wodurch die Furchenbildung entsteht, an der Mikropyle setzt sie sich ein Stück nach innen fort. Hier wie am Rand des Hilums nimmt die Höhe beträchtlich ab. Eine deutliche Reihenanordnung, gerade Seitenwände, die geringe Ausbildung der unverholzten Lamelle und des Lumens und der vollständige Mangel knopfförmiger Ausstülpungen der Außenwände sind charakteristisch für alle Hartschichtzellen des Deckels.

In der Mikropylenerhebung des inneren Integuments sind die äußeren dickwandigen Gewebe nicht so stark ausgebildet wie bei *Cabomba*.

Die Gewebe des Nucellus. In den an das Endosperm grenzenden Teilen des Perisperms fehlen die bei *Cabomba* vorkommenden Krystalle. Im übrigen verhält sich das Perisperm hier ebenso wie dort.

Dasselbe gilt für Endosperm und Embryo. Da mir von *Brasenia* ganz reife Samen zur Verfügung standen, so will ich noch hervorheben, dass die Plumula 2 Blattanlagen zeigt.

Nelumbo nucifera Gaertn.[1])

Wie schon in der Einleitung vorausgeschickt wurde, soll bei *Nelumbo* die Fruchtschale Berücksichtigung finden, weil sie hier die Function der Samenschale übernimmt, und weil in der Litteratur einige unrichtige Angaben über diesen Gegenstand vorliegen. Es kommen hier die im Litteraturverzeichnis genannten Abhandlungen von Wigand-Dennert (Nr. 26) und von Wettstein (Nr. 25) in Betracht.

---

1) Fig. 11.

Zur leichteren Beurteilung der Verhältnisse an der reifen Frucht empfiehlt es sich, in Kürze auf den Bau des Pistills hinzuweien. Dasselbe ist von ellipsoidischer Gestalt und trägt auf dem der Ansatzstelle entgegengesetzten Pol den sehr kurzen Griffel. Dem letzteren genähert erhebt sich eine Wucherung, ein kurzer Fortsatz der Wandung, über deren Oberfläche. In der Nähe der Mündung des Griffelcanals in das Innere des Pistills hängt eine anatrope Samenanlage, deren Medianebene mit der der Pistillwandung, die natürlich jenen Fortsatz schneiden muss, zusammenfällt, und deren Anheftungsstelle dem den Fortsatz tragenden Teil der Pistillwand gegenüberliegt. Dabei ist die Rhaphe dem Fortsatz zugekehrt, die Mikropyle von ihm abgewendet. Die Samenanlage besitzt 2 Integumente. Das Wachstum des befruchteten Ovulums geht soweit, dass schließlich der reife Same der Fruchtwandung dicht anliegt.

Die ellipsoidisch gestaltete, reife Frucht ist von einer harten Schale bekleidet, die an dem einen Ende den vertrockneten, schwärzlichen Griffelrest, am entgegengesetzten eine von weichem Gewebe erfüllte Öffnung, die frühere Ansatzstelle am Blütenboden, aufweist. Die Schale ist matt dunkelbraun und grubig punktiert bis auf eine kleine, elliptische Erhabenheit in der Nähe des Griffels, welche eine glatte, schwach glänzende Oberfläche und in der Mitte eine kleine Einsenkung besitzt. Dieses Gebilde ist aus dem Fortsatz der Pistillwandung hervorgegangen. Diese Fruchtschale nun, deren Bau Dennert, wie ich glaube, im allgemeinen richtig erkannt hat, beschreibt Wettstein, dem jene Arbeit, obwohl sie ein Jahr früher erschien als die seinige, offenbar nicht bekannt war, merkwürdiger Weise als Samenschale. In seiner oben citierten Abhandlung finden sich folgende Angaben: »der ca. 1,8 Centimeter lange Samen von *Nelumbo nucifera* Gärtn. ist von ellipsoidischer Form und dabei von relativ bedeutendem Gewichte, welches das Untersinken des reifen Samens im Wasser bewirkt. In der Nähe des einen Pols findet sich die kleine Mikropyle, während eine Öffnung am andern Ende des Samens, wie eine solche (»trou ombilical«) von Poiteau angegeben wird, stets fehlt. Die Oberfläche des Samens erscheint bei Loupenvergrößerung etwas eingestochen grubig«. Nachher wird die Beschreibung der Fruchtschale mit den Worten eingeleitet: »Bisher nicht beobachtet und in mehrfacher Hinsicht interessant ist der Bau der Samenschale, der im Folgenden erläutert werden soll. Die ca. 0,8 Millimeter dicke, im ungequollenen Zustande hornige Testa besteht aus vier Gewebeschichten, die auffallendst verschieden sind«. Endlich heißt es im Beginn des die Keimungsvorgänge behandelnden Abschnitts: »Sobald der Samen von *Nelumbo* in das Wasser gelangt, bieten sich demselben zwei Eintrittsstellen: Die Mikropyle.....« Betrachtet man die von Wettstein beigefügten Zeichnungen, so sieht man, dass der Griffelrest und die frühere Ansatzstelle der Frucht (jedenfalls das »trou ombilical«

Poiteau's) einfach fortgelassen sind, und dass als Mikropyle der erwähnte Fortsatz der Fruchtwandung oder vielmehr die in seiner Mitte befindliche, für eine Öffnung angesehene Einsenkung gedeutet wird.

Der innere Bau der Fruchtschale. Die Fruchtschale lässt 4 Teile erkennen: eine äußere Epidermis, dann eine aus palissadenförmigen, senkrecht zur Oberfläche gestreckten Zellen bestehende Schicht, hierauf zahlreiche Lagen dickwandiger, mehr oder weniger isodiametrischer, und endlich mehrere Schichten dünnwandiger, parallel zur Oberfläche gestreckter Zellen. Die Epidermis ist stellenweise einschichtig und besteht dann aus senkrecht zur Oberfläche gestreckten Zellen, stellenweise zweischichtig, wobei entweder 2 Zellen genau über einander liegen, oder unter einer oberen, welche von einer Krystalldruse aus oxalsaurem Kalk ausgefüllt wird, mehrere untere zusammenstoßen. Die an die Oberfläche grenzenden Außenwände sind stark, die Seitenwände und die an die Palissadenschicht grenzenden Innenwände sind schwach verdickt. Da, wo zwei Zellen über einander liegen, ist die Verdickung besonders stark in den Ecken, welche von der trennenden Wand, die zugleich Außenwand der unteren und Innenwand der oberen Epidermiszelle ist, und von den Seitenwänden gebildet werden. Die an der Oberfläche gelegenen Außenwände werden von einer stark lichtbrechenden Cuticula bekleidet und tragen, die Krystallzellen ausgenommen, in ihrer Mitte je eine kleine, halbkuglige Ausstülpung, in welcher das Lumen verschwindend fein oder gar nicht mehr erkennbar ist. Die Cuticula wird durch Jod gebräunt und löst sich in Schwefelsäure nicht. Im Übrigen sind die Wandungen der Epidermiszellen von gelblicher Farbe. Durch Chlorzinkjod färben sie sich etwas dunkler gelb, durch Phloroglucin und Salzsäure wird keine Färbung erzielt. Die an allen Stellen ab und zu vorkommende Zweischichtigkeit der Epidermis scheint Dennert entgangen zu sein, ebenso auch die Thatsache, dass diejenigen Epidermiszellen, welche Krystalldrusen führen, niemals direct an die Palissadenschicht anstoßen. Auf der Abbildung Wettstein's ist die Epidermis gleichfalls durchweg einschichtig dargestellt und besteht überdies aus abgeplatteten Zellen, was auch in der Beschreibung angegeben wird. Die höckerförmigen Ausstülpungen der Außenwände und die so häufigen Krystalldrusen werden in der Beschreibung nicht erwähnt und fehlen auch auf der Abbildung. Der oben geschilderte Bau der Epidermis zeigt zahlreiche Unterbrechungen, welche jener das bereits erwähnte, grubig punktierte Aussehen verleihen. Dieselben werden gebildet durch die eingesunkenen, dünnwandig gebliebenen und vertrockneten Schließzellen der Spaltöffnungen und einige angrenzende, in demselben Zustand befindliche Zellen. Die auf die Epidermis folgende Palissadenschicht ist an diesen Punkten völlig unterbrochen. Wie Wettstein hervorhebt, dürfte es sich hier um Durchtrittsstellen für das bei der Keimung nötige Wasser handeln. Der interessante Functionswechsel der Spaltöffnungen scheint

indessen dem genannten Forscher entgangen zu sein. Auf seiner Zeichnung erscheint die Epidermis einfach durchlöchert.

Die Palissadenschicht, welche unter der Epidermis liegt, besteht aus stäbchenförmigen, im Verhältnis zu ihrer Dicke sehr langen Zellen, welche da, wo sie an die Epidermis grenzen, abgeflacht, am entgegengesetzten Ende zugespitzt sind. Die Radialwände sind stark verdickt, so dass nur ein spaltenförmiges Lumen übrig bleibt, die Außenwände sind, soweit sie nicht mit den Radialwänden verschmolzen sind, oft ziemlich dünn. Die Wandung ist hyalin und wird durch Chlorzinkjod blau gefärbt. Quer durch dieselbe, die Palissaden etwa halbierend, verläuft ein stark lichtbrechender Streifen, die bekannte Lichtlinie. Was das chemische Verhalten der Lichtlinie betrifft, so stimmen meine Beobachtungen mit denen Dennert's überein. Die Verdickungsform der Wände ist leistenartig, so dass die Poren an längsdurchschnittenen Palissaden als dunkle Streifen erscheinen. Diese Streifen sind nach meinen und auch Dennert's Beobachtungen in der Lichtlinie, sowie unmittelbar ober- und unterhalb derselben weit häufiger als an den übrigen Stellen, während sie nach Wettstein in der Lichtlinie stets fehlen sollen. An querdurchschnittenen Palissaden erscheinen die Poren als Canäle, die häufig verzweigt sind, namentlich im Bereiche der Lichtlinie. Die Zellumrisse bilden auf solchen Schnitten reguläre, dicht aneinanderschließende Polygone. Da, wo die Palissadenzellen an die Durchtrittsstellen grenzen, sind sie stark verkürzt, und die Lichtlinie macht eine Biegung nach außen.

Der nächstfolgende Teil der Fruchtschale, welcher alle übrigen an Ausdehnung weit übertrifft, besteht aus isodiametrischen, dickwandigen Zellen, die außen ziemlich dicht, nach innen zu locker gelagert sind. Ihre von zahlreichen Porencanälen durchsetzten Wände sind farblos und werden durch Zusatz von Chlorzinkjod blau. Als Inhalt führen sie braune Körnchen.

Weit schwächer ist endlich der innerste Teil, in welchem auch die Reste der Leitbündel liegen. Derselbe besteht im übrigen aus dünnwandigen, von braunem Inhalt erfüllten, tangential abgeplatteten Zellen.

Nicht an allen Stellen entspricht der Bau der Fruchtschale der oben gegebenen Beschreibung, sondern an einigen Punkten finden wir ein abweichendes Verhalten, worauf im folgenden näher eingegangen werden soll.

In der Umgebung des Griffels ist die Epidermis mehrschichtig, wobei die Zellen genau über einander liegen.

Im Griffel selbst sind die Palissadenzellen quergefächert und führen zum Teil bläulichgrünen Inhalt. Die Lichtlinie ist hier ziemlich schwach.

Besonders abweichend verhält sich in seinem Bau der auch schon äußerlich sich abhebende Fortsatz. Eine Beschreibung hiervon hat Wettstein nicht gegeben. Zu der Mehrschichtigkeit der Epidermis kommt eine

beträchtliche radiale Streckung und eine sehr geringe Wandverdickung. Ausstülpungen der Außenwände, Krystalldrusen und Spaltöffnungen fehlen, wodurch der schwache Glanz bedingt zu werden scheint. In der Mitte des Fortsatzes biegt sich die Epidermis nach innen, so dass eine kleine Einsenkung zu stande kommt. Die Palissadenschicht ist ziemlich niedrig, vor allem unter jener Grube. Hier zeigen die Palissaden sogar Spuren von Verholzung. Unter der Palissadenschicht liegen dickwandige, dicht aneinanderschließende Zellen, welche einen länglichen Raum, der die Fruchtwandung fast ihrer ganzen Dicke nach durchsetzt, senkrecht zu deren Oberfläche gestreckt und größtenteils von Luft erfüllt ist, an seinem äußeren Ende und besonders seitlich umgeben. Das innere Ende dieses Hohlraumes wird durch dünnwandige Zellen verlegt. Jene dickwandigen Elemente sind am oberen Ende des Hohlraumes unter der Einsenkung des Fortsatzes ziemlich isodiametrisch, an den Seiten sind die oberen nach der Oberfläche der Frucht, die unteren nach dem Hohlraum hin gestreckt. Die Wandungen geben, namentlich in der Nachbarschaft des Hohlraumes, Holzreaction, Porencanäle fehlen oder sind wenig deutlich. Im Hohlraum finden sich hie und da, vereinzelt oder noch teilweise zusammenhängend, dünnwandige, kuglige Zellen, deren jede eine Druse von oxalsaurem Kalk enthält. Häufig sind jene Drusen durch Auflösung der Zellwand frei geworden.

Der Same. Der Fruchtwandung liegt, wie bereits hervorgehoben, der Same dicht an.

Derselbe wird umschlossen von den beiden Integumenten, vertrockneten und gebräunten Häuten, welche auf der Seite der Rhaphe dunkle, längsverlaufende Streifen, die Reste der Leitbündel, erkennen lassen. Die Mikropyle liegt ungefähr unter dem Teil der Fruchtwand, welcher dem Fortsatz gegenüberliegt, ist aber infolge der Vertrocknung der Integumente nur schwer aufzufinden.

Der Samenkern wird größtenteils gebildet durch die beiden mächtigen Keimblätter, welche bis auf eine große, die Plumula aufnehmende und eine kleine, die rudimentäre Radicula umschließende Höhlung fest aufeinanderliegen und sich nur schwer trennen lassen. Die beiden Höhlungen werden getrennt durch die Ansatzstelle der Cotyledonen.

Über die Structur der reifen Cotyledonen äußert sich Dennert folgendermaßen: »Das Gewebe der Cotyledonen besteht aus rundlichen, wenig verdickten, daher mit Interstitien versehenen Zellen, welche reichlich Amylum und körnige, formlose Massen enthalten, welche sich durch Jod gelb färben.« Ich füge noch hinzu, dass vom Stämmchen aus zahlreiche, aus dünnwandigen, lang gestreckten, reihenbildenden Zellen bestehende Leitbündel die Keimblätter durchziehen, und dass die Stärke enthaltenden Zellen zwar wenig verdickt sind, aber doch an den Stellen, wo zwei Wände aneinanderstoßen, zahlreiche, noch dünnere Stellen erkennen lassen, welche wie die Maschen eines Netzes erscheinen. Setzt man Chlorzinkjod zu, so

bleiben jene Stellen im Gegensatz zu den übrigen, sich blau färbenden Teilen ungefärbt. Zum Vergleich mit den übrigen Nymphaeaceen soll darauf hingewiesen werden, dass Perisperm und Endosperm bei *Nelumbo* fehlt und die Reservestoffe in den Cotyledonen gespeichert werden. Die Stärkekörner sind hier nicht klein und zu Klumpen zusammengeballt, sondern groß und gesondert.

In der einen von den Keimblättern frei gelassenen Höhlung liegt, wie schon erwähnt, die Plumula. Derselben haftet ein structurloses, Spuren starker Zerstörung tragendes Häutchen an, welches verschiedene Deutungen erfahren hat. Ich entnehme dieselben der Abhandlung Dennert's. Richard fasste es als Cotyledon auf und hielt die beiden eigentlichen Keimblätter für die zweilappige Radicula. Von Decandolle wurde es für ein Nebenblatt, von Brogniart für den Embryosack angesehen. Dennert spricht sich gegen diese Auffassungen, sowie auch gegen die Möglichkeit aus, dass hier eine abgelöste Cuticula oder die übriggebliebene und mit fortgewachsene Urmutterzelle der Plumula vorliegen könnte, und glaubt den Überrest eines primitiven Endosperms vor sich zu haben. Zur Begründung seiner Ansicht führt er ungefähr Folgendes aus: »In einem gewissen Stadium vor der Reife der Frucht liegt die Plumula in einer seichten Rinne der Cotyledonen, welche mit einer farblosen Gallerte erfüllt ist. In der letzteren finden sich freie Zellen von verschiedener Größe, dazwischen kleine und große Körner. Von einer homogenen Membran, welche die Plumula einschließt, ist noch nichts zu sehen. Später zeigt sich statt des gallertartigen Schleims eine zusammenhängende Haut, welche der Wand der Samenlappen anliegt und einen häutigen Schlauch um die Plumula bildet. Diese Haut ist aus Zellen zusammengesetzt, welche stellenweise undeutlich begrenzt sind und zusammenfließen. Später wird die Höhlung der Cotyledonen, in der die Plumula liegt, sehr groß und das die letztere umschließende Häutchen homogen. Das letztere ist demnach als Überrest von Endospermzellen zu betrachten«. Ich habe zwar unreife Entwickelungsstadien der Frucht nicht genauer untersucht, glaube aber, dass jenes »homogene Häutchen, welches früher zellige Structur besaß«, weiter nichts darstellt, als von der Plumula aufgesogenes Cotyledonargewebe. Durch diese Auffassung dürften sich alle jene von Dennert beobachteten Erscheinungen erklären lassen. Besonders steht damit auch die Thatsache im Einklang, dass anfangs jedes Cotyledon nur eine seichte Rinne zur Aufnahme der Plumula besitzt, während sich später die Höhlung, in welcher die letztere liegt, stark vergrößert. Auch konnte ich bei Loslösung der Plumula von den Cotyledonen beobachten, dass das Häutchen oft zugleich jener und diesen anhaftete.

Die Plumula selbst zeigt eine merkwürdig vorgeschrittene Entwickelung. Von dem Stämmchen, welches ungefähr den vierten Teil der Länge der Frucht erreicht, geht ein großes Blatt aus, welches einen mächtigen, oben umgebogenen Stiel erkennen lässt, der sich an eine von den Seiten

her zusammengerollte Spreite etwa in deren Mitte ansetzt. Diese Spreite liegt in ihrem oberen Teil zwischen dem aufwärts und dem abwärts gerichteten Abschnitt des Stiels, der untere legt sich, meist etwas seitilch aus der Ebene des gekrümmten Stieles herausbiegend, demselben an. Diesem Blatte gegenüber liegt ein zweites kleineres mit meist gleichfalls gekrümmtem Stiel, dessen Spreite sich dem Stiele des ersten, indem es seiner Spreite ausweicht, auf der anderen Seite anlegt. Das erste Blatt umfasst am Grunde den Stiel des zweiten nebst der zwischen beiden liegenden Knospe und besitzt hier eine kleine scheidenartige Wucherung, was ich Dennert gegenüber betone, der am ersten Blatt niemals eine Scheide gesehen haben will. Den Bau der Knospe an der Plumula vor Beginn der Keimung hat Dennert nicht beschrieben, und es dürfte sich deshalb empfehlen, darüber einige Angaben zu machen. Auf das zweite Blatt folgt ein kappenförmiges Gebilde, welches sich nur auf der dem ersten Blatte zugekehrten Seite zu einem kleinen Spalt öffnet, offenbar die Anlage eines Niederblattes. Hinter jener Spalte, mithin über dem ersten und gegenüber dem zweiten Blatte, steht ein sehr kleines, aber schon deutlich in Stiel und Spreite gegliedertes viertes Blättchen. Das fünfte Blatt bildet wieder eine ungegliederte Hülle, deren Spalte dem zweiten zugekehrt ist. Endlich folgt als sechstes Blatt ein kleiner, dem vierten gegenüberstehender Höcker, der im oberen Teil angeschwollen ist, wodurch die Anlage der Spreite angezeigt wird. Den Abschluss der Knospe bildet schließlich die Vegetationsspitze. Die Medianebene der gesamten Plumula steht senkrecht auf der der Cotyledonen. — Entsprechend dieser vorgeschrittenen äußeren Gliederung der Plumula finden wir auch im inneren Bau der älteren Teile bereits weitgehende Differenzierungen. Schon äußerlich fällt der Reichtum an Chlorophyll auf. Hervorzuheben ist ferner das Vorhandensein weit entwickelter Leitbündel und großer, in weiten Zwischenräumen quergefächerter Luftcanäle. Die aus radial gestreckten, zartwandigen Zellen zusammengesetzte Epidermis lässt eine feine Cuticula unterscheiden und besteht an den älteren Blattstielen stellenweise aus gebräunten, über die Oberfläche etwas vorragenden Zellgruppen, in welchen man leicht die Anfänge jener braunen Höcker erkennt, die dem ausgebildeten Blattstiel eigen sind. Auf der späteren Oberseite der zusammengerollten Spreite des ersten Blattes sind die Epidermiszellen, soweit die Teile durch die Zusammenrollung nicht zu dicht aufeinander zu liegen kommen, kegelförmig vorgewölbt. Dem Vorhandensein von Chlorophyll entsprechend ist auch bereits die Anlage eines Assimilationssystems, eine beginnende Gliederung in Palissaden- und in Schwammparenchym zu erkennen.

Als dritter Teil des Samenkerns ist endlich die rudimentäre Radicula zu erwähnen, die als kleine Fortsetzung des Stämmchens von dessen unterem Ende in einen zwischen den Keimblättern vorhandenen Spalt hineinragt.

II. Beziehung des Samenbaues zur Systematik.

Überblickt man die oben beschriebenen Samenformen der Nymphaeaceen, so fällt es auf, wie wenige allen gemeinsame Merkmale sich anführen lassen. Dieselben sind einschließlich der über die Keimung bekannten Thatsachen folgende:

1. Die Samenanlage hat 2 Integumente.

2. Der Embryo besitzt eine sehr kleine, der Mikropyle zugewendete Radicula und 2 sich gleichende, seine Hauptmasse ausmachende Cotyledonen, in denen speichernde und leitende Gewebe zu unterscheiden sind. Zwischen den Cotyledonen ist das sehr verkürzte Stämmchen eingeschlossen, welches die Plumula trägt. Die Blattanlagen der letzteren kreuzen sich in ihrer Stellung mit den Cotyledonen. Auszunehmen ist nur *Barclaya*, insofern deren Plumula noch ungegliedert ist.

3. Bei der Keimung bleiben die Cotyledonen in der Samen- bezw. Fruchtschale zurück. Die Radicula stellt ihr Wachstum sehr früh ein.

Betrachtet man nun die im Bau der Samen und in den Keimungsvorgängen auftretenden Verschiedenheiten, so unterscheidet man alsbald 2 scharf gesonderte Gruppen, deren eine durch die Gattung *Nelumbo*, die andere durch die übrigen Gattungen repräsentiert wird. Der ersteren entspricht nach der von CASPARY (Nr. 6) gegebenen Einteilung der Nymphaeaceen die Unterfamilie der *Nelumbonoideae*, der letzteren entsprechen die *Cabomboideae* und *Nymphaeoideae*. Der Same der ersten Gruppe wird fast gänzlich von dem großen Embryo eingenommen, dessen Cotyledonen hauptsächlich Stärke, daneben auch Eiweißstoffe speichern, dessen Plumula eine weit vorgeschrittene Entwickelung zeigt und dessen Würzelchen von den Cotyledonen umschlossen ist und bei der Keimung die Samenhülle nicht verlässt. Beide Integumente sind zu dünnen Häuten zusammengepresst. Im Samen der zweiten Gruppe nimmt der Embryo nur einen kleinen Raum dicht unter der Nucellusspitze ein. Die beiden Cotyledonen führen keine Stärke, sondern nur Eiweißstoffe und Öltropfen und gehen am Grunde in die einen kleinen Höcker darstellende Radicula über, welche bei der Keimung aus dem Samen heraustritt. Die Plumula besitzt höchstens 5 Blatthöcker. Der Embryo wird umschlossen von dem schwach entwickelten Endosperm, welches keine Stärke, sondern nur Eiweißstoffe und Öltropfen enthält, während das den übrigen und größten Teil des Samenkerns darstellende Perisperm fast lediglich Stärke führt. Das innere Integument ist größtenteils zu einem dünnen Häutchen zusammengepresst, die äußerste, teils dem äußeren Integument, teils der Rhaphe und dem Chalazaende angehörige Zellschicht des Samens ist zu einer schützenden Hülle ausgebildet.

Es wird sich nun fragen, ob die *Nelumbonoideae* auch durch andere als

im Samenbau liegende Unterschiede von den beiden anderen Unterfamilien getrennt sind. Ziemlich starke Verschiedenheiten ergeben sich aus der Betrachtung der Früchte. In der ersten Gruppe hat jedes Carpell nur eine Samenanlage, in der zweiten stets mehr als eine. Dort sind die Carpelle weit voneinander entfernt und fast bis zur Spitze in Vertiefungen eines kreiselförmigen Blütenbodens eingesenkt, hier entweder gleichfalls frei, dann aber auf convexer, nicht verbreiterter Achse dicht nebeneinanderstehend (*Cabomboideae*), oder mehr oder weniger verwachsen (*Nymphaeoideae*). Die *Nelumbonoideae* haben Schließfrüchte mit knochenharter Schale, die übrigen Kapseln, die unregelmäßig auffaulen, oder beerenartige Früchte. Weniger scharf sind die Unterschiede in den übrigen Teilen der Pflanze. Die Blüten der *Nelumbonoideae* sind spiralig, homoiochlamydeisch, ihre Blätter ragen über das Wasser empor, die Blüten der anderen sind spirocyclisch, sie lassen immer eine Unterscheidung von Kelch- und Blumenblättern zu, ihre Blätter sind stets teils schwimmend, teils untergetaucht.

Aus dieser Vergleichung der Gattung *Nelumbo* mit den übrigen Nymphaeaceen ergiebt sich eine so große Verschiedenheit der ersteren, dass es mir ratsam erscheint, dieselbe als Familie der *Nelumbonaceae* abzusondern.

Vergleichen wir nun die zu den *Cabomboideae* und *Nymphaeoideae* gehörigen Gattungen unter sich und betrachten zunächst ihre Samen, so treffen wir eine große Zahl gemeinsamer Eigenschaften an, deren wichtigste oben bereits erwähnt wurden. Die Verschiedenheiten sind besonders gering in den inneren Teilen des Samens. Der Embryo ist meist linsenförmig, nur bei *Nuphar* kurz keulenförmig. Die Plumula trägt gewöhnlich 2 Blattanlagen, seltener mehr (*Euryale*), oder keine (*Barclaya*). Das Endosperm ist bei *Nuphar* etwas stärker als sonst. Das Perisperm zeigt große Gleichförmigkeit hinsichtlich der allgemeinen Gestalt seiner Elemente, der Beschaffenheit ihrer Wandungen, des Baues der Stärkekörner und weist nur kleine Verschiedenheiten im Auftreten von Hohlräumen und in der Anordnung der Elemente auf. *Victoria*, *Euryale*, *Nymphaea* besitzen im Perisperm einen kleinen Hohlraum unterhalb des Embryos, und die Perispermzellen bilden Leitungsbahnen, die nach dem letzteren gerichtet sind. Das Perisperm von *Cabomba*, *Brasenia* und *Nuphar* wird von einem axilen Hohlraum durchzogen, der von axil gestreckten Zellen umgeben wird, nach denen die peripherischen Zellen Leitungsbahnen bilden. Jener axile Hohlraum ist bei *Cabomba* und *Brasenia* überall gleich weit, bei *Nuphar* am Chalazaende am weitesten, dann unmerklich fein. In dem kleinen Samen von *Barclaya* tritt das Vorhandensein eines Hohlraumes oder einer bestimmten Anordnung der Perispermzellen nicht deutlich hervor. Das innere Integument ist größtenteils zusammengepresst und bei *Nuphar* ist dieser Teil durch den Besitz eines blauen Farbstoffes ausgezeichnet. Der nicht zusammengepresste, über der Nucellusspitze gelegene Teil ist überall

durch die Art der Verdickung seiner innersten Schicht charakterisiert, indem jene sich auf die Innen- und Seitenwände beschränkt. Verschiedenheiten kommen vor hinsichtlich der Höhe der die geschlossene Mikropyle umgebenden Erhebung, die bei *Barclaya* am beträchtlichsten, bei *Victoria*, *Euryale*, *Nymphaea* am geringsten ist. *Barclaya* besitzt in jener Erhebung außer der Innenschicht keine dickwandigen Elemente, bei den übrigen bestehen auch die äußeren Gewebe jenes Teils aus dickwandigen Zellen. Am geringsten ist die Ausbildung dieser dickwandigen Gewebe bei *Victoria* und *Euryale*, am stärksten bei *Cabomba*. Die aus dem äußeren Integument, der Raphe und dem Chalazaende hervorgegangenen Gewebe sind bis auf die äußerste Lage, die Hart- oder Schutzschicht, mehr oder weniger zusammengedrückt und bald aus dickwandigen (*Nymphaea*, *Nuphar* und besonders *Euryale*), bald aus dünnwandigen Zellen zusammengesetzt (*Victoria*, *Barclaya*, *Cabomba*, *Brasenia*). Die Hart- oder Schutzschicht ist nur bei *Barclaya* ziemlich dünnwandig. Die übrigen Gattungen stimmen in einer starken Wandverdickung der Hartschichtzellen überein, doch herrscht dabei in der Anordnung der Zellen und der Art ihres seitlichen Anschlusses unter einander, im Verhältnis von radialer und tangentialer Ausdehnung, in dem Grad, der Form und dem Ort der Wandverdickung, der Gestaltung der äußeren Zelloberfläche und der chemischen Beschaffenheit der Wandungen eine außerordentliche Mannigfaltigkeit. Dieselbe geht soweit, dass es nicht möglich ist, in jenen Punkten zwischen nahe verwandten Formen eine größere Annäherung festzustellen als zwischen entfernter stehenden. Dagegen scheint es mir von einiger systematischen Bedeutung zu sein, dass Hilum und Mikropyle bei *Cabomba* und *Brasenia* verschmolzen sind, während sie bei den übrigen sich stets deutlich unterscheiden lassen, ferner, dass die Rhaphe bei jenen sehr wenig hervortritt, endlich dass *Barclaya* keinen, *Nymphaea* einen unvollkommen ausgebildeten, die übrigen einen scharf abgegrenzten Samendeckel besitzen. Ferner ist hervorzuheben die Geradläufigkeit der Samenanlage von *Barclaya* und das Auftreten eines Arillus bei *Nymphaea*, *Euryale* und *Victoria*, während ein solcher den übrigen fehlt.

Nach dieser Zusammenstellung der innerhalb der *Cabomboideae* und *Nymphaeoideae* hinsichtlich des Samenbaues auftretenden Verschiedenheiten soll untersucht werden, in welchem Verhältnis die wichtigeren unter denselben zu den Eigenschaften stehen, welche die übrigen Teile der betreffenden Pflanzen charakterisieren. Die beiden zu der Unterfamilie der *Cabomboideae* gehörigen Gattungen *Cabomba* und *Brasenia* sind hauptsächlich ausgezeichnet durch die freien oberständigen Carpelle. Sie zeigen aber auch eine große Übereinstimmung im Bau der Blüte und des Samens. Der letztere entbehrt bei beiden des Arillus, ist hartschalig und besitzt einen Samendeckel, Hilum und Mikropyle sind verschmolzen, die Rhaphe tritt wenig hervor; die inneren Teile des Samens besitzen einen gleichen

Bau. Die Samenanlage ist umgewendet. Die *Nymphaeoideae* kennzeichnen hauptsächlich die mehr oder weniger verwachsenen Carpelle, im übrigen kommen im Bau der Blüte beträchtliche Verschiedenheiten vor. Bei *Barclaya* ist der Kelch unterständig, die Blumenblätter sind oberständig, zu einer Röhre vereint, welcher die Staubblätter innen eingefügt sind. *Nuphar* besitzt unterständige, freie Kelch-, Blumen- und Staubblätter. Die 5—12 als Kelchblätter gedeuteten Gebilde sind weit größer, als die spatelförmigen, auf dem Rücken eine Honigdrüse tragenden sogenannten Blumenblätter. *Nymphaea*, *Victoria* und *Euryale* stimmen überein in der Vierzahl der Kelchblätter, die sich aber nicht sehr von den Blumenblättern unterscheiden, sondern durch Zwischenformen in dieselben übergehen. Bei *Victoria* und *Nymphaea* finden sich auch zwischen Blumen- und Staubblättern zahlreiche Übergänge. Während aber bei *Nymphaea* der Kelch unterständig ist, die Blumen- und Staubblätter in verschiedener Höhe dem Fruchtknoten eingefügt sind, haben *Euryale* und *Victoria* einen unterständigen Fruchtknoten. Außer diesen in der Blüte liegenden Merkmalen unterscheidet die beiden letztgenannten Gattungen auch der Besitz von Stacheln von *Nymphaea*. Zu diesen Verschiedenheiten im Blütenbau der zu den *Nymphaeoideae* gerechneten Gattungen kommen solche, die in der Beschaffenheit der Samen zum Ausdruck gelangen. Eine Annäherung zeigen auch in dieser Hinsicht die Gattungen *Nymphaea*, *Euryale* und *Victoria* durch den Besitz eines Arillus. Außerdem ist zu erwähnen, dass allen ein Samendeckel zukommt, der allerdings bei *Nymphaea* nur unvollkommen ausgebildet ist, dass die Samen von harter Schale umkleidet werden und im Bau des Perisperms große Ähnlichkeit herrscht, dass die Samenanlagen umgewendet sind. Die Samen von *Nuphar* und *Barclaya* haben beide keinen Arillus, aber während jene durch umgewendete Samenanlagen, eine harte Samenschale und einen Samendeckel charakterisiert ist, nimmt bei letzterer der Same aus geradläufiger Anlage seinen Ursprung, wird von lederartiger Hülle umkleidet und entbehrt vollständig eines Samendeckels. Dazu kommen bei beiden noch kleine Verschiedenheiten der inneren Teile.

Aus diesen Betrachtungen scheint mir hervorzugehen, dass bei der von Caspary (Nr. 6) gegebenen Einteilung in der Aufstellung der Unterfamilie der *Nymphaeoideae* die Verwachsung der Fruchtblätter zu einseitig betont, dagegen auf die im sonstigen Bau der Blüte und vor allem in der Beschaffenheit der Samen sich darbietenden Verschiedenheiten zu wenig Gewicht gelegt worden ist. Ich möchte deshalb vorschlagen, die Gattungen *Barclaya* und *Nuphar* als Unterfamilien der *Barclayoideae* und *Nupharoideae* auszuscheiden und in der Unterfamilie der *Nymphaeoideae* die *Nymphaeeae* mit der Gattung *Nymphaea* den *Euryaleae* mit den Gattungen *Euryale* und *Victoria* gegenüberzustellen.

In den obigen Ausführungen über die systematische Verwertung des Samenbaues der Nymphaeaceen wurde nur die Gruppierung der Gattungen

berücksichtigt, auf das Verhalten der die Gattung zusammensetzenden Arten unter einander wurde nicht eingegangen. Die Gattungen *Euryale* und *Brasenia* kommen hierbei nicht in Betracht, da von ihnen nur je eine Art bekannt ist. Von der vier Arten zählenden Gattung *Cabomba* konnte ich nur *C. aquatica* auf die Samen hin untersuchen. Über die übrigen Gattungen, deren jede mir in mehr als einer Art vorlag, sind bereits im speciellen Teil einige das Verhältnis der Arten zu einander betreffende Angaben gemacht worden. Von *Nelumbo* ist außer *N. nucifera* noch *N. lutea* bekannt, die jener im Bau der Frucht gleicht und nur durch die mehr kuglige Gestalt der letzteren abweicht. Bei der nach den bisherigen Forschungen in drei Arten vertretenen *Barclaya* fand ich, dass der Same von *B. Mottleyi* sich nur durch etwas länglichere Gestalt von dem der *B. longifolia* unterscheidet. Zu *Victoria* rechnet man 2—3 Arten. Ich untersuchte die Samen von *V. regia* und *V. Cruziana*, wobei sich ergab, dass die Samen der letzteren größer waren, eine dunklere Farbe und niedrigere Hartschichtzellen besaßen, im übrigen aber keine Abweichungen zeigten. Die 7 Arten der Gattung *Nuphar* besitzen übereinstimmend gebaute, nur in Farbe, Größe und Gestalt sich etwas unterscheidende Samen. Während *N. advena* gedrungene, kurz eiförmige Samen hat, sind die der andern Arten mehr oder weniger länglich. Die Farbe des Samens ist bei *N. polysepalum* schwarz-, bei den übrigen gelb- oder grünbraun. Größere und interessantere Unterschiede als bei den bisher besprochenen Gattungen bieten die Arten bei *Nymphaea*. Diese Gattung besitzt gegen 30 Arten, von denen mir etwa 20 in ihren Samen vorlagen. Zu den Verschiedenheiten in Größe, Gestalt und Farbe der Samen kommen hier noch solche, die durch die Beschaffenheit der Außenwände der Hartschichtzellen bedingt werden, wobei man vier Typen unterscheiden kann.

1. Der Same besitzt eine kahle, glatte und glänzende Oberfläche (*Nymphaea alba*).

2. Der Same ist kahl, mit Längsriefen versehen. Dieselben werden dadurch hervorgerufen, dass die Außenwände der Hartschichtzellen, welche ja bei der Gattung *Nymphaea* in Längsreihen angeordnet sind, an ihren längsverlaufenden Grenzen sich nach außen verwölben. Dabei liegen aber zwei Zellreihen zwischen je zwei Riefen, mit andern Worten: die Grenzen der Zellreihen werden abwechselnd von flachen und vorgewölbten Außenwandpartien begleitet. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dass dabei kleine Unterbrechungen der Riefen und unbedeutende Abweichungen von der Längsrichtung vorkommen, wie ja auch die Zellreihen sich nicht immer von einem bis zum andern Ende des Samens verfolgen lassen.

3. Der Same trägt Längsreihen von Haarbüscheln, welche Ausstülpungen der Außenwände in der Nähe ihrer längsverlaufenden Grenzen darstellen.

Auch hier werden die Zellreihengrenzen abwechselnd von kahlen und haartragenden Außenwandpartien begleitet. Bezüglich der vorkommenden Unregelmäßigkeiten gilt auch hier das für Typus 2 Gesagte.

4. An allen Zellgrenzen, sowohl den längs- als den querverlaufenden, finden sich kurze, papillenähnliche Ausstülpungen der Außenwände.

Für Typus 2, 3 und 4 ist noch hervorzuheben, dass Riefen, Haare und Papillen in der Umgebung von Hilum und Mikropyle, wo die Hartschichtzellen nicht mehr gewellte, sondern gerade Seitenwände besitzen, stets fehlen.

Innerhalb des Typus 3 finden sich noch kleine Verschiedenheiten, welche in dem Grade der Wandverdickung und der Abplattung der Zellen, in der Stärke der Behaarung und darin ihren Ausdruck finden, dass die Oberfläche der Außenwände, soweit sie nicht durch Haare dargestellt wird, bald glatt und glänzend, bald etwas uneben und von mattem Aussehen ist, bald ein vermittelndes Verhalten zeigt. Bei einigen findet sich ein Übergang zu Typus 2, indem die Außenwände da, wo sie sich zu Haaren ausstülpen, sich überdies etwas nach außen verwölben, so dass gewissermaßen behaarte Riefen entstehen. Diese Modificationen sollen bei Aufführung der untersuchten Arten Berücksichtigung finden.

In der von Caspary gegebenen Einteilung der Gattung *Nymphaea* werden zunächst die Sectionen: I. *Symphytopleura* Casp., die durch verbunden aufgewachsene Fruchtblätter charakterisiert ist, und II. *Leptopleura* Casp., bei der die Fruchtblätter blos an der Außenseite und im Rücken verbunden aufgewachsen, sonst frei sind, unterschieden. Innerhalb dieser Sectionen werden sechs Gruppen aufgestellt, die durch zahlreiche Merkmale charakterisiert und gut von einander zu sondern sind. Auch die Beschaffenheit der Samen ist berücksichtigt, wobei indessen Typus 2 und anscheinend auch Typus 4 dem genannten Forscher entgangen ist. Für a. *Lotos* DC. findet sich die Angabe: »Samen behaart«. Dies ist insofern unrichtig, als unter den 3—4 Arten, welche zu dieser Gruppe gezählt werden, *N. rubra* L. und *N. pubescens* Roxb. den Typus 2 wiedergeben. *N. Lotus* W., *N. thermalis* DC. und *N. dentata* Schum. gehören dem Typus 3 an, zeigen aber den erwähnten Übergang zu 2 und besitzen eine nur schwache Behaarung. Von der Gruppe b. *Hydrocallis* Planch. die aus 8 Arten bestehen und kleine haarige Samen besitzen soll, untersuchte ich *N. blanda* Meyer und *N. Amazonum* Mart. et Zucc. Beide gehören zu Typus 3. Bei ersterer besitzt die Samenoberfläche einen so starken Glanz, wie er sonst bei keiner der behaarten Formen vorkommt. Die einzige Art, welche die Gruppe c. *Xanthantha* Casp. darstellt (*N. flava* Leitn.), konnte ich leider nicht untersuchen. Von den Samen wird nur gesagt, dass sie groß und wenige in einer Frucht sind. Unter d. *Castalia* Planch. (5 Arten) wird angegeben, dass die Samen groß und glatt sind. In der That gehören *N. alba* Presl, *N. candida* Presl, *N. tuberosa*

Paine, *N. odorata* Ait. dem Typus 1 an. Die genannten Gruppen bilden die Sect. I. Sect. II setzt sich zusammen aus e. *Brachyceras* Casp. und f. *Anecypha* Casp. Auf e kommen nach Caspary 13—14 Arten, die durch kleine, behaarte Samen charakterisiert sind. Diese Angabe kann ich für *N. coerulea* Sav., *N. stellata* W., *N. capensis* Thunb., *N. madagascariensis* DC., *N. ampla* DC. bestätigen. Diese Formen vertreten den Typus 3, *N. gracilis* Zucc. hingegen den Typus 4, den ich sonst nirgends angetroffen habe. Es ist nun allerdings nicht ausgeschlossen, dass Caspary die kleinen, papillenähnlichen Ausstülpungen, welche die Samen der letztgenannten Art tragen, auch als Haare bezeichnet, und dass daher die Bemerkung »Samen behaart« sich erklären lässt. An sich lässt sich ja gegen diese Auffassung nichts einwenden, aber man muss andrerseits zugeben, dass hier zwei sehr verschiedene Bekleidungsformen dieselbe Bezeichnung tragen. Die letzte Gruppe, f. *Anecypha*, wird durch eine Art, *N. gigantea* Hook., gebildet, deren Samen Caspary als groß und behaart beschreibt. Dieselben sind allerdings zum Typus 3 zu zählen, doch haben sie durch die erwähnte Größe, welche bei keiner andern Art erreicht wird, sowie durch die geringe Abplattung der Hartschichtzellen und den Grad der Verdickung ihrer Außenwände, welche nicht so überwiegt wie sonst, immerhin ein eigenartiges Gepräge.

Das Ergebnis dieser Betrachtungen über den systematischen Wert des Samenbaues innerhalb der Gattung *Nymphaea* lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Beschaffenheit der Samen kann nicht als Haupteinteilungsprincip gelten. Denn wir sehen, dass Typus 3 innerhalb verschiedener Gruppen, die durch zahlreiche Unterscheidungsmerkmale der übrigen Teile gesondert sind, wiederkehrt (a. *Lotos*, b. *Hydrocallis*, e. *Brachyceras*, f. *Anecypha*).

2. Dennoch lässt sich eine gewisse Beziehung der den Samen eigentümlichen Merkmale zu denen, welche die übrigen Teile kennzeichnen, nicht verkennen. Typus 1 herrscht bei *Castalia* und kommt sonst nirgends vor. Typus 2 findet sich nur bei *Lotos*, allerdings neben Typus 3, wobei jedoch der letztere in einer Übergangsform auftritt. *N. gigantea*, welche die Gruppe *Anecypha* darstellt, hat Samen, die zwar nach dem Typus 3 gebaut sind, die aber doch durch hinzukommende andere Merkmale eine eigenartige Beschaffenheit erhalten. Ob allerdings bei *Hydrocallis* der Typus 3, den ich für *N. amazonum* und *N. blanda* feststellte, der allein herrschende ist, oder unter der Bezeichnung »behaart« von Caspary nicht noch so verschiedene Bekleidungsformen zusammengefasst werden, wie bei *Brachyceras*, vermag ich nicht zu entscheiden, da ich nur die Samen jener beiden Arten untersuchen konnte. Auch über *N. flava* oder die Gruppe *Xanthantha* kann ich, wie schon erwähnt, nichts berichten.

3. Nach dem unter 2 Gesagten muss es befremden, dass innerhalb

der Gruppe *Brachyceras*, neben dem Typus 3 ohne jeden Übergang Typus 4 auftritt. Denselben fand ich nur durch *N. gracilis* vertreten. Die Untersuchung der übrigen Teile dieser Pflanze ergab keine so großen Verschiedenheiten, dass sich die Aufstellung einer besonderen Gruppe rechtfertigen ließe. Doch erscheint es mir im Hinblick darauf, dass der Samenbau in der Gattung *Nymphaea*, wie oben gezeigt wurde, doch einige systematische Bedeutung hat, ratsam, die in Rede stehende Gruppe nach diesem Gesichtspunkt in zwei Untergruppen zu teilen. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass unter den von mir nicht untersuchten, zu *Brachyceras* gehörigen Arten sich Übergänge zwischen beiden Typen finden, die dann möglicherweise jene Teilung hinfällig machen.

Ehe ich daran gehe, einen Überblick über das veränderte System der in dieser Arbeit berührten Pflanzen zu geben, will ich kurz auf die Gesichtspunkte hinweisen, nach denen die phylogenetische Anordnung vorgenommen werden soll. Die *Nelumbonaceae* besitzen zwar einen hoch differenzierten Blütenboden und eine weit entwickelte Plumula, dennoch aber möchte ich die *Nymphaeaceae* wegen der heterochlamydeischen Blüte, wegen des Auftretens von Nährgeweben und der im gesamten Speichersystem des Samens sich geltend machenden Arbeitsteilung, welche darin ihren Ausdruck findet, dass das Perisperm nur Stärke, das Endosperm und die Cotyledonen nur Öltropfen und Eiweißstoffe führen, endlich wegen der complicierten biologischen Vorrichtungen, welche Samendeckel und Arillargebilde darstellen, als die vorgeschrittenere Familie bezeichnen. Unter den *Nymphaeaceae* würden die *Cabomboideae*, welche sich durch ihre freien Carpelle am besten den *Nelumbonaceae* anschließen, an erste Stelle zu setzen sein. Darauf lasse ich die *Barclayoideae* folgen, welche zwar unter sich und mit den Staubblättern sowie mit dem Gynöceum vereinigte Blumenblätter besitzen, aber durch ihren weichschaligen, des Samendeckels entbehrenden Samen sich einem ursprünglicheren Typus zu nähern scheinen, als die *Nupharoideae*, deren Same eine harte Schale und einen Deckel besitzt, und deren Blütenhülle, wenn auch ihre Glieder frei sind, doch insofern eine vorgeschrittene Ausbildung aufweist, als die Kelchblätter groß und lebhaft gefärbt, die Blumenblätter dafür zu Honigblättchen ausgebildet sind. An die letzte Stelle endlich dürften die durch den Besitz eines Arillus und das mehr oder weniger eingesenkte Gynöceum ausgezeichneten *Nymphaeoideae* gehören. Unter diesen wieder folgen die *Euryaleae*, welche einen völlig unterständigen Fruchtknoten und einen wohl ausgebildeten Samendeckel besitzen, auf die *Nymphaeeae*.

In der folgenden systematischen Übersicht sollen die Merkmale der Samen noch einmal kurz recapituliert und dabei auch diejenigen Eigenschaften angeführt werden, welche zwar die Gattung scharf charakterisieren, aber, da sie verwandtschaftliche Beziehungen wenig oder gar nicht zum Ausdruck gelangen lassen, von untergeordneter systematischer Bedeutung

sind, wie z. B. viele Eigentümlichkeiten der Hartschichtzellen. Von einer Betrachtung der übrigen Teile der in Rede stehenden Pflanzen sehe ich ab, da dieselben durch die vortrefflichen von Caspary (Litteraturverz. Nr. 6) und Engler (Nr. 7) gegebenen Diagnosen hinlänglich bekannt sind und es sich nur darum handelt, den einen oder andern Punkt mehr oder weniger zu betonen, was oben bereits auseinandergesetzt wurde. Nur für die Familie der Nymphaeaceen in der hier vorgenommenen Begrenzung soll am Anfang eine allgemeinere Charakteristik gegeben werden.

Demnach wären die von Caspary unter der Familie der Nymphaeaceen vereinigten Gattungen folgendermaßen anzuordnen und zu charakterisieren.

Fam. *Nelumbonaceae.*

Fr. Caryopsen mit harter Schale. Die beiden Integumente des aus umgewendeter Anlage hervorgegangenen Samens zu dünnen Häuten zusammengepresst. Nährgewebe fehlend, Reservestoffe in den großen Cotyledonen in Gestalt von großen, gesonderten Stärkekörnern und von Eiweißkörpern. Außer den speichernden Zellen in den Cotyledonen auch leitende. Plumula von den Keimblättern umschlossen, auf sehr vorgerückter Entwickelungsstufe, die Stellung ihrer Blattanlagen sich mit der der Cotyledonen kreuzend, das Stämmchen kurz. Radicula rudimentär, der Mikropyle zugekehrt, bei der Keimung keine Wurzelhaare entwickelnd und ebenso wie die Cotyledonen in der Samenhülle zurückbleibend.

Gatt. *Nelumbo* Adans. *N. lutea* Pers. Fr. kuglig-ellipsoidisch. *N. nucifera* Gärtn. Fr. ellipsoidisch.

Fam. *Nymphaeaceae.*

Bl. cyklisch oder spirocyklisch, heterochlamydeisch. Cp. entweder frei, dann aber auf vollständig convexem, kleinem und nicht emporgehobenem Blütenboden genähert, oder verwachsen, dann bald oberständig, bald mehr oder weniger unterständig. Sa. stets mehr als eine an jedem Carpell, meist viele, auf den Seitenwänden oder sogar im Rückenwinkel befestigt, mit zwei Integumenten. Fr. Kapseln, die unregelmäßig auffaulen, oder beerenartig. Die äußerste Zelllage des Samens ist zu einer schützenden Hülle ausgebildet, welche eine sehr verschiedene, für die einzelnen Gattungen charakteristische Beschaffenheit zeigt. Das innere Integument ist wenigschichtig und besteht aus dünnwandigen, zusammengepressten Zellen, bis auf einen kreisförmig begrenzten, über der Nucellusspitze gelegenen Teil. Hier ist die innerste Schicht durch Verdickung der Innen- und Seitenwände, welch' letztere gewellt sind, charakterisiert. In der unmittelbaren Umgebung der Mikropyle, die zur Zeit der Samenreife geschlossen ist, erreicht das innere

Integument seine größte Dicke und bildet so einen kleinen Höcker. Der Samenkern wird größtenteils vom Perisperm eingenommen, dessen Elemente zum Teil sehr groß sind. Sie besitzen dünne Wände und enthalten zu Klumpen zusammengeballte, kleine Stärkekörner. Jene Ballen sind in ein zartes Protoplasmagerüst eingebettet. Am Mikropylenende des Samens liegt unter dem geschrumpften Gewebe der Nucellusspitze der kleine, linsenförmige oder kurz keulenförmige Embryo, vom Endosperm umschlossen. Das Endosperm besteht aus wenigen Schichten dünnwandiger Zellen und ist auf der Innenseite, wo es an das Perisperm grenzt, etwas stärker als auf der unter der Nucellusspitze liegenden Außenseite. Die kreisförmige Begrenzung dieser äußeren Partie fällt nahezu zusammen mit der des oben beschriebenen, durch charakteristische Verdickungsformen ausgezeichneten Teils des inneren Integuments. Als Inhalt führt das Endosperm Eiweißstoffe und Öltropfen. Dieselben Inhaltsstoffe besitzen die Cotyledonen des Embryos. Dazu können noch Spuren von Stärke kommen. Von den Cotyledonen wird die sehr kleine Plumula umschlossen, die ein sehr kurzes Stämmchen und meist zwei Blatthöcker, einen größeren und einen kleineren, erkennen lässt, deren Stellung sich mit der der Keimblätter kreuzt. Sie enthält Leitbündel, die gewöhnlich aus dünnwandigen Zellen bestehen und je einen Strang in die Cotyledonen entsenden. Am Grunde gehen die Keimblätter in einen kleinen Höcker, die Radicula, über. Bei der Keimung tritt die Radicula durch Verlängerung des Stämmchens aus dem Samen heraus. Sie besitzt zunächst noch kein Längenwachstum, sondern es bilden sich zwischen ihr und dem Stämmchen zwei Wülste, die Papillen oder Wurzelhaare tragen. Dieselben welken bald, worauf die Entwickelung der Pfahlwurzel erfolgt, die indes sehr früh ihr Ende erreicht.

Unterfam. *Cabomboideae*.

Sa. umgewendet. S. ohne Arillus, hartschalig, mit Deckel. Der letztere von einer Furche umschrieben, Hilum und Mikropyle tragend, welche verschmolzen sind. Auf der der wenig hervortretenden Rhaphe zugewendeten Seite des Hilums ein erhöhter, von der Hartschicht des Deckels gebildeter Rand. Die Zellen der Hartschicht in Reihen angeordnet, am deutlichsten im Samendeckel. Ihre Seitenwände verholzt, im Samendeckel gerade, sonst gewellt. Außenwände aus einem inneren verholzten und äußeren unverholzten Teil, in welchen Fortsätze des ersteren hineinragen, bestehend. Die auf die Hartschicht folgenden Schichten dünnwandig, zusammengepresst. Die Erhebung des inneren Integuments, welche die Mikropyle trägt, ziemlich groß, auch in den äußeren Partien aus dickwandigen Zellen bestehend. Perisperm von einem axilen Hohlraum durchzogen, der mit seinem Ende fast das Endosperm und das Chalazagewebe erreicht und überall gleich weit ist.

Embryo linsenförmig, leitende Zellen dünnwandig. Plumula mit zwei Blattanlagen.

Gatt. *Cabomba* Aubl.

Hartschichtzellen des Samens mit verdickten Außen- und wenig verdickten Seiten- und Innenwänden. Die Außenwände im Samendeckel flach, sonst kegelförmig vorgewölbt. Sie bestehen aus einem inneren Holz- und äußeren Celluloseteil, welcher aus dem ersteren stachelartige Fortsätze aufnimmt, in die Porencanäle hineinragen. Im Samendeckel Holz- und Celluloselamelle an Dicke ungefähr gleich, in den übrigen Teilen die letztere überwiegend. Am Rande des Samendeckels die Hartschichtzellen parallel dem Umfang desselben tangential gestreckt. Dickwandige Gewebe im äußeren Teil der Mikropylenerhebung des inneren Integuments sehr ausgedehnt.

Untersuchte Art: *Cabomba aquatica* Aubl.

Gatt. *Brasenia* Schreb.

Hartschichtzellen des Samens stark radial gestreckt. Innenwände dünn, Radialwände im unteren Teil gleichfalls dünn, nach oben rasch an Dicke zunehmend, so dass schließlich das unten weite Lumen auf eine Spalte reduciert wird, die ziemlich entfernt von der Oberfläche endet. Außenwand häufig in der Mitte knopfförmig ausgestülpt, was jedoch am Samendeckel nie vorkommt. Der äußere, unverholzte Teil verhältnismäßig schwach ausgebildet, eine alle Zellen continuierlich überziehende Lamelle darstellend, welche zahlreiche, vom Holzteil ausgehende Höcker aufnimmt. Unter jedem der letzteren endet ein Porencanal. Dickwandige Gewebe in den äußeren Partien der Mikropylenerhebung nicht so ausgedehnt als bei *Cabomba*.

Einzige Art: *B. purpurea* (Michx.) Casp.

Unterfam. *Barclayoideae*.

Sa. geradläufig. S. weichschalig, ohne Arillus und ohne Samendeckel. Außenwände der äußersten Zellschicht des Samens wenig verdickt, in je einen mächtigen Weichstachel ausgezogen. Seiten- und Innenwände dünn, die ersteren sehr niedrig, gewellt. Die auf die Schutzschicht folgenden, auch aus dem äußeren Integument und dem Chalazaende entstandenen Gewebe aus wenigen Schichten dünnwandiger Zellen bestehend. Am innern Integument die Mikropylenerhebung groß und schlank und nur in der innersten Schicht aus dickwandigen Zellen zusammengesetzt. Perisperm ohne Hohlraum. Leitende Zellen im Embryo dünnwandig. Plumula ungegliedert.

Gatt. *Barclaya* Wall. Untersuchte Arten: *B. longifolia* Wall.; S. kuglig. *B. Mottleyi* Hook.; S. ellipsoidisch.

Unterfam. *Nupharoideae*.

Sa. umgewendet. S. groß, hartschalig, ohne Arillus, mit Samendeckel. Der letztere von einer Furche umschrieben, Hilum und

Mikropyle tragend, welche dicht neben einander liegen. Hartschichtzellen im Samendeckel Reihen bildend, ziemlich niedrig, die randständigen mit tangentialer, dem Deckelumfang paralleler Streckung; Hartschichtzellen außerhalb des Samendeckels ohne bestimmte Anordnung, stark radial gestreckt. Bei allen die Wände, namentlich die äußeren, stark verdickt, größtenteils verholzt, von im Querschnitt rundlichen Porencanälen durchsetzt. Seitenwände niemals gewellt. Die mit der Hartschicht zusammenhängenden inneren Gewebe aus mehreren Lagen verholzter, etwas dickwandiger Zellen bestehend. Inneres Integument bis auf den über der Nucellusspitze gelegenen Teil einen dunkelblauen Farbstoff führend. In der Mikropylenerhebung die äußeren Partien aus dickwandigen Zellen bestehend. Embryo kurz keulenförmig. Leitende Zellen in den Cotyledonen mit spiraliger Wandverdickung. Plumula mit 2 Blattanlagen. Endosperm ziemlich stark entwickelt. Im Perisperm ein axiler Hohlraum, der am Chalazaende am weitesten ist, in der Nähe des Endosperms sich verliert.

Gatt. *Nuphar* Sm. Untersuchte Arten: *N. luteum* Sm., *N. intermedium* Ledeb., *N. pumilum* Sm., *N. Kalmianum* Ait., *N. polysepalum* Engelm. mit länglichen, bei der letzteren dunkler gefärbten, *N. advena* Ait. mit kurz eiförmigen Samen.

Unterfam. *Nymphaeoideae.*

Sa. umgewendet. S. hartschalig, mit Arillus und mehr oder weniger ausgebildetem Samendeckel. Mikropylenerhebung des inneren Integuments niedrig. Perisperm mit kleinem Hohlraum unter dem Embryo. Der letztere linsenförmig, seine leitenden Zellen dünnwandig, seine Plumula gegliedert.

Nymphaeeae.

S. ohne deutlich abgegrenzten Samendeckel bei der Keimung durch Lossprengen des Hilum und Mikropyle umgebenden Gewebes und außerdem durch Risse sich öffnend. Zellen der Hartschicht tangential abgeplattet, Reihen bildend, die der Rhaphe angehörigen in der Reihenrichtung, die übrigen senkrecht zu dieser gestreckt. Wandungen stark verdickt, vor allem die äußeren, von Porencanälen durchsetzt, größtenteils verholzt, meist hyalin. Seitenwände gewellt, bis auf die Umgebung von Hilum und Mikropyle. Hilum und Mikropyle sehr genähert. Mikropylenerhebung des inneren Integuments in den äußeren Partien aus dickwandigen Zellen bestehend. Plumula mit zwei Blattanlagen.

Gatt. *Nymphaea* J. E. Smith.

Sect. I. *Symphytopleura* Casp.

a. *Lotos* DC. Samen bis auf die Umgebung von Hilum und Mikropyle mit Längsriefen versehen, zuweilen Haarbüschel auf den Riefen. Untersuchte Arten: Mit behaarten S.: *N. dentata* Schum.,

N. Lotus L., *N. thermalis* DC., die letztere mit sehr schwacher Wandverdickung; mit kahlen Samen: *N. rubra* Roxb., *N. pubescens* W.

b. *Hydrocallis* Planch. S. Längsreihen von Haarbüscheln tragend (überall?). Untersuchte Arten: *N. Amazonum* Mart. et Zucc.; Oberfläche des Samens auch bei den Haaren höckerig. *N. blanda* Meyer; Samenoberfläche von den Haaren abgesehen glänzend glatt. Haare an der Spitze gekrümmt.

c. *Xanthantha* Casp. S. groß und wenige in einer Frucht. (Ihre sonstigen Eigenschaften?) Einzige Art: *N. flava* Leitner.

d. *Castalia* Planch. S. groß, glatt. Untersuchte Arten: *N. alba* Presl, *N. candida* Presl, *N. odorata* Ait., *N. tuberosa* Paine.

Sect. II. *Leptopleura* Casp.

e. *Brachyceras* Casp. S. klein. Untersuchte Arten: α. mit Längsreihen von Haarbüscheln. *N. stellata* W., *N. coerulea* W., *N. capensis* Thunb., zur Riefenbildung neigend, *N. ampla* DC., *N. madagascariensis* DC. β. S. überall an den Zellgrenzen mit kleinen, papillenähnlichen Ausstülpungen. *N. gracilis* Zucc.

f. *Anecypha* Casp. S. groß, Längsreihen von Haarbüscheln tragend, seine Hartschichtzellen wenig abgeplattet, in der Außenwand kaum stärker verdickt als in den Seiten- und Innenwänden. Einzige Art: *N. gigantea* Hook.

Euryaleae.

S. mit deutlich abgegrenztem Deckel, der bei der Keimung abgeworfen wird und ein ganzrandiges Loch zurücklässt.

Gatt. *Euryale* Salisb.

S. leicht gerunzelt, Deckel von tiefer Furche umschrieben, die Mikropyle tragend, dem Hilum angrenzend. Hartschichtzellen überall mit geraden Seitenwänden, mehr oder weniger radial gestreckt, mit Ausnahme der den Deckel umgebenden Furche, wo die Streckung eine tangentiale, dem Deckelumfang parallele ist, im Deckel Reihen bildend, sonst ohne bestimmte Anordnung. Wandverdickung im Deckel bei den Seiten- und Innenwänden ziemlich gleich, bei den Außenwänden etwas stärker, alle Wände größtenteils verholzt, von zahlreichen, im Querschnitt rundlichen Porencanälen durchsetzt, das Lumen überall gleich weit. Bei den übrigen Hartschichtzellen das Lumen nach außen oft knopfförmig verengt, die Außenwände am stärksten, die Seitenwände am schwächsten verdickt, alle von Porencanälen durchsetzt, die an den Seitenwänden im Querschnitt strichförmige Gestalt zeigen; Innen- und Seitenwände verholzt, Außenwände aus einem inneren verholzten und äußeren unverholzten Teil bestehend, von denen der letztere wieder in 4 Lamellen zerfällt. Unter diesen die 3 äußeren continuierlich, die innerste durch einspringende Leisten der darüberliegenden in Teile zerlegt, welche den einzelnen Zellen entsprechen. Die mit der Hartschicht

innen zusammenhängenden Gewebe ziemlich ausgedehnt, aus dickwandigen Zellen bestehend. In der Mikropylenerhebung des inneren Integuments alle Zellen bis auf die der innersten Schicht ziemlich dünnwandig. Plumula des Embryo mit 4—5 Blattanlagen.

Einzige Art: *Euryale ferox* Salisb.

Gatt. *Victoria* Lindl.

S. mit glänzend glatter Oberfläche, Deckel von seichter Furche umgeben, Hilum und Mikropyle tragend. Zellen der Hartschicht im Samendeckel Längsreihen bildend, mit geraden Seitenwänden, größtenteils tangential, dem Deckelumriss parallel, nur die mittleren, in der unmittelbaren Umgebung der Mikropyle liegenden radial gestreckt. In den übrigen Teilen des Samens die Hartschichtzellen ohne bestimmte Anordnung, radial gestreckt, mit gewellten Seitenwänden. Im inneren Bau die Wandung hier und dort gleich: größtenteils verholzt, stark verdickt, besonders außen, mit netzartiger Verdickungsform, so dass die Porencanäle im Querschnitt unregelmäßig strich- oder fleckförmig erscheinen. Die innen mit der Hartschicht zusammenhängenden Gewebe aus mehreren Lagen dünnwandiger Zellen bestehend. Zellen in der Mikropylenerhebung des inneren Integuments bis auf die innerste Schicht ziemlich dünnwandig. Plumula des Embryo mit 2 Blattanlagen.

Untersuchte Arten: *V. regia* Lindl. *V. Cruziana* D'Orb. S. größer und dunkler gefärbt als bei voriger und mit niedrigeren Hartschichtzellen.

III. Über die Samen fossiler Nymphaeaceen.

Die Thatsache, dass die Samen der Nymphaeaceen, soweit sie zu den Unterfamilien der *Cabomboideae* und *Nymphaeoideae* gehören, in ihrem inneren Bau nur geringe Abweichungen zeigen, während die äußerste Schicht der Samenschale eine sehr verschiedenartige Ausbildung aufweist, die eine jede Gattung scharf charakterisiert, dabei aber auch bedeutende Unterschiede unter den Arten zulässt, ist wichtig für die Beurteilung fossiler Samenreste. Denn die Samenschale pflegt das einzige zu sein, was vom Samen erhalten geblieben ist. Unter den fossilen Nymphaeaceen-Samen nenne ich diejenigen, welche man den Gattungen *Holopleura* Casp. und *Cratopleura* Weber zugezählt hat, wobei man sich auf Unterschiede stützte, welche sie voneinander und von den recenten Formen trennen sollten. Ich habe nun in meiner oben angeführten Arbeit jene Unterschiede einer genaueren Prüfung unterzogen und will den Inhalt hier noch einmal kurz wiedergeben. Die fossilen, unter die Gattungen *Holopleura* und *Cratopleura* gebrachten Samen zeigen große Ähnlichkeit mit denen der recenten *Brasenia purpurea*, worauf bereits Wittmack (Litteraturverzeichnis Nr. 15) und Weber (Nr. 24) aufmerksam gemacht hatten. Ich gab daher zunächst eine Beschreibung der Samenschale dieser recenten Form, welche ich oben bereits recapituliert

habe und darum an dieser Stelle übergehen will. Dann ging ich zu den fossilen Samen über und beschrieb zunächst den Samen der *Cratopleura helvetica* f. *Nehringii* Weber, welcher sich in dem Torfmoor von Klinge bei Kottbus findet. Der Same ist von ellipsoidischer Form und besitzt an dem einen Ende einen von einer seichten Furche umschriebenen Samendeckel, welcher Hilum und Mikropyle trägt. Diese sind wie bei *Brasenia* verschmolzen, und das Hilum wird auch hier auf der Seite, welche der wenig deutlichen Rhaphe zugekehrt ist, von einer kleinen Erhebung der Hartschicht berandet. Die Samenschale besteht aus einer äußeren Lage hoher, dickwandiger Zellen, der Hartschicht, und aus einem inneren Teil, welcher sich aus wenigen Schichten dünnwandiger, stark zusammengepresster Zellen zusammensetzt. Die Hartschichtzellen weichen von denen des *Brasenia*-Samens dadurch ab, dass sie höher und schmäler sind. Die Reduction des Lumens auf eine Spalte geschieht, vom unteren Ende gerechnet, hier zwischen dem ersten und zweiten Siebentel der Zellhöhe, nicht wie dort zwischen dem ersten Drittel und der Mitte; der untere, unverdickte Teil der Seitenwände ist hier verschwindend klein; knopfartige Ausstülpungen der Außenwand fehlen. Dagegen stimmt *Cratopleura* mit *Brasenia* überein in den dünn gebliebenen Innenwänden, der Ausbildung der Porencanäle, der Schichtung und chemischen Beschaffenheit der verdickten Wandung, die bis auf eine äußere Lamelle, welche auch bei *Cratopleura* in einigen Resten erhalten ist, verholzt ist, in der Wellung des äußeren Teils der Seitenwände, die nur in der Hartschicht des Deckels fehlt, endlich in der allgemeinen Gestalt des Lumens, welches im untersten Teil der Zelle am weitesten ist und sich nach oben verengt, bis es schließlich zu einer engen Spalte reduciert wird.

Bezüglich der übrigen hier in Betracht kommenden Samen: *Cratopleura helvetica* Weber aus der Schieferkohle von Dürnten in der Schweiz, *C. holsatica* Weber aus Torfmooren von Großen Bornholt in Holstein, *Holopleura Victoria* Casp. aus der Braunkohle der Wetterau und *Holopleura intermedia* Weber aus der Braunkohle von Biarritz bei Bayonne, habe ich den Nachweis zu führen gesucht, dass dieselben von *Cratopleura helvetica* f. *Nehringii* nicht wesentlich verschieden sind. Die Gattung *Holopleura* soll sich nach Weber dadurch von *Cratopleura* unterscheiden, dass bei jener ein axiler Längscanal des Lumens, d. h. eine spaltenförmige, bis nahe an die Samenoberfläche reichende Verengung des letzteren nur selten auftreten (*H. intermedia*), oder fehlen, und somit eine mächtige massive Außenwand zustande kommen soll (*H. Victoria*). Ich fand indessen, dass jene Verengung des Lumens beiden Arten regelmäßig zukommt und glaube, dass es sich hier um Irrtümer handelt, die durch mangelhafte Präparation entstanden sind. Ferner sollen die Hartschichtzellen bei *Holopleura* nie, bei *Cratopleura* zuweilen in Reihen geordnet sein. Ich fand in dieser Hinsicht bei beiden ein wechselndes Verhalten. Die von Weber betonten Ver-

schiedenheiten in der Zahl der Wellungen der Seitenwände, welche die Hartschichtzellen von außen betrachtet zeigen, und in dem Grade der Vorwölbung nach außen lassen sich auf den verschiedenen Erhaltungszustand der Samen zurückführen. Die ersteren erklären sich dadurch, dass die Wellung von außen nach innen schwächer wird und zugleich die Außenwände oft beschädigt sind, die letzteren durch Risse, welche in der Nähe der Zellgrenzen auftreten und so die Zellen nach außen vorgewölbt erscheinen lassen. Bei Vergleichung wohlerhaltener Stellen ist von jenen Unterschieden nichts zu sehen.

Ich sehe mich somit veranlasst, alle jene Fossilien mit einem gemeinsamen Namen zu belegen, womit hauptsächlich gesagt werden soll, dass die Samen sich gleichen. Dass aber gleich gebaute Samen verschiedenen Arten angehören können, sehen wir oft bei *Nymphaea* und *Nuphar*. Es bleibt also immerhin die Möglichkeit offen, dass die zu den fossilen Samen gehörigen übrigen Teile der betreffenden Pflanzen, welche wir nicht kennen, noch Unterschiede besaßen, die zur Aufstellung verschiedener Arten berechtigten. Mit größerer Sicherheit können wir die Zugehörigkeit der Pflanzen, von welcher jene Samen herrühren, zur Gattung *Brasenia* annehmen. Es wurde schon mehrfach darauf hingewiesen, wie scharfd ie jetzt lebenden Gattungen der Nymphaeaceen hinsichtlich des Baues der Samenschale von einander gesondert sind. Nun sind zwar die uns beschäftigenden fossilen Samen von denen der recenten *Brasenia purpurea* durch stärkere Wandverdickung, größeren Höhen- und geringeren Dickendurchmesser der Hartschichtzellen, sowie das Fehlen knopfförmiger Ausstülpungen ihrer Außenwände deutlich geschieden, zeigen aber im übrigen eine Annäherung, wie sie unter den recenten Gattungen nicht entfernt in diesem Maße wieder vorkommt. Wie verschieden die Arten einer Gattung sein können, zeigt *Nymphaea* deutlich genug. Wir sehen hier, dass verschiedenartige Ausstülpungen der Außenwände (Haare, Papillen, Riefen) vorkommen, andererseits aber auch fehlen können. Dass die Zellhöhe in der Hartschicht wechselt, beweisen die beiden Arten der Gattung *Victoria* und besonders *Nymphaea gigantea*, bei welcher die Zellen weit weniger abgeplattet sind, als bei den übrigen Arten. Letztere weicht auch im Grade der Wandverdickung ab, indem die Stärke der Außenwand lange nicht so überwiegt, wie sonst.

Wenn ich nun jene Fossilien mit dem Namen *Brasenia Victoria* belege, so bedeutet der Speciesname nur eine Berücksichtigung des Umstandes, dass Caspary zuerst einen von diesen Samen beschrieb und für die betreffende Pflanze die Benennung *Holopleura Victoria* aufstellte (No. 4), wobei er allerdings von der irrtümlichen Auffassung ausging, dass dieser Same dem der *Victoria Regia* ähnlich sei.

IV. Biologische Eigentümlichkeiten.

Zum Schluss soll noch kurz auf einige biologische Beziehungen hingewiesen werden, welche der Bau der Samen bei den Nymphaeaceen erkennen lässt.

Unter den Verbreitungsmitteln ist das bekannteste der bei *Nymphaea*, *Euryale* und *Victoria* vorkommende Arillus. Derselbe dient zunächst als Schwimmvorrichtung und verfault später, so dass das Untersinken des Samens ermöglicht wird. Dafür, dass letzteres nicht zu spät eintritt, ist durch die Zartheit der den Samenmantel zusammensetzenden Zellen genügend gesorgt. Wenn nun aber Caspary (Nr. 6) bezüglich des Dienstes, welchen der Arillus beim Schwimmen leistet, behauptet, es sei die zwischen dem Arillus und dem Samen eingeschlossene Luft, die den letzteren über Wasser halte, so ist dies nicht genau. Die innere Schicht des Arillus liegt nämlich dem Samen dicht an, dagegen ist die äußere sehr weit und bildet zahlreiche Falten. Die zwischen den beiden Zellschichten des Arillus eingeschlossene Luft also ermöglicht das Schwimmen des Samens. Bei den des Arillus entbehrenden Samen von *Nuphar* geschieht nach Caspary die Verbreitung dadurch, dass die innere luftreiche Schicht der beim Aufspringen der Frucht sich trennenden Fruchtblätter von der äußeren grünen Schicht sich loslöst und mit den eingeschlossenen Samen umherschwimmt, bis sie schließlich verfault. Dem Samen selbst fehlen also hier Vorrichtungen, die zur Verbreitung dienen. Dagegen dürften durch Verminderung des specifischen Gewichts in dieser Weise wirksam sein vorgewölbte oder höckerförmig ausgestülpte Außenwände, wie sie bei *Cabomba* bezw. *Brasenia* vorkommen, ferner die Stacheln von *Barclaya* und die Haare, Papillen und Riefen vieler Nymphaeen. Bei den letzteren allerdings ist ja schon durch den Arillus für die Verbreitung gesorgt, und es dürften daher jene Emergenzen mehr in anderer Weise sich vorteilhaft zeigen, worauf ich später zurückkomme.

Als schützende Hülle für die im Innern des Samens geborgenen zarten Gewebe dient bei *Nelumbo*, deren Samenhaut dünn bleibt, die harte Fruchtschale, bei den übrigen die äußerste Zelllage des Samens. Bei *Barclaya* entbehrt dieselbe einer stärkeren Wandverdickung und erhält nur durch die derbe Cuticula eine lederartige Consistenz. Die Samen der anderen Gattungen dagegen besitzen eine Hartschicht, welche durch bedeutende Wandverdickungen ihrer Elemente eine große Festigkeit erhält. Zu dieser Festigkeit trägt häufig noch die Verholzung der Wände bei, während die teilweise unverholzten Außenwände der Hartschicht von *Euryale* und *Cabomba* im Verein mit den wenig oder gar nicht verdickten Innenwänden offenbar die Dehnbarkeit der Samenschale bei der im Beginn der Keimung eintretenden Quellung erhöhen und somit einem Zerreißen vorbeugen. Den Zusammenhalt der Hartschichtzellen untereinander erhöht die Wellung der Seitenwände, hier und da wohl auch die Cuticula, welche

an den Zellgrenzen nach innen leistenartig vorspringt, und endlich die continuierlichen äußeren Lamellen von *Euryale* und *Brasenia,* die gleichfalls leistenartig zwischen die benachbarten Zellen eindringen. Die innen mit der Hartschicht zusammenhängenden Gewebe sind zuweilen gleichfalls dickwandig (*Nuphar* und besonders *Euryale*) und tragen dann zur Festigkeit der Samenschale bei, meist sind sie aber dünnwandig und erweisen sich in diesem Falle, wofern sie noch einige Ausdehnung besitzen und nicht bereits völlig zusammengepresst sind, dadurch nützlich, dass die mit Reservestoffen dicht erfüllten Gewebe des Samenkerns beim Aufquellen nicht gleich im Anfang auf allzu großen Widerstand stoßen. Dieses gilt für *Victoria.* Die Unterbrechung, welche die feste Samenschale durch das Hilum erleidet, wird meist dadurch einigermaßen ausgeglichen, dass sich an dieser Stelle auch dickwandige Zellen ausbilden, die aber immer ziemlich locker liegen.

Der letztere Umstand dürfte günstig sein für die zur Keimung nötige Wasseraufnahme, der ich mich jetzt zuwende. Wichtig hierbei sind auch die Mikropylenöffnung und die Porencanäle in den Außenwänden der Hartschichtzellen, welche überall vorkommen. In derselben Weise lässt sich die in der Hartschicht von *Euryale* häufig vorkommende knopfförmige Verengung des Lumens in dessen äußerstem Teil erklären. Denn die Außenwand ist über diesem knopfförmigen Teil des Lumens schwächer verdickt als daneben, der Eintritt des Wassers somit dort leichter. Auch kann man beobachten, dass die die innerste verholzte Lamelle durchsetzenden Porencanäle an jener Stelle besonders häufig sind. Die oben angeführten Emergenzen, welche die Oberfläche des Samens vergrößern, gestatten dadurch auch einer größeren Wassermenge das gleichzeitige Eindringen in den Samen. Dazu kommt bei den Haaren vieler Nymphaeen eine geringere Wandverdickung, als sie im übrigen Teil der Außenwand herrscht. Dasselbe gilt für die knopfförmigen Ausstülpungen, welche der Same von *Brasenia* trägt. Die Dicke der Wandung ist an diesen Stellen bei weitem nicht so mächtig als sonst. *Barclaya* besitzt, wie bereits bemerkt, keine eigentliche Hartschicht, sondern in der äußersten Zelllage des Samens sind auch die Außenwände nur wenig verdickt. Die interessanteste Vorrichtung zur Erleichterung der Wasseraufnahme bietet aber die Fruchtschale von *Nelumbo* mit ihren dünnwandig gebliebenen Spaltöffnungen und der unter denselben unterbrochenen Palissadenschicht.

Der Austritt des Keimlings aus der Frucht- oder Samenschale erfordert eine Durchbrechung jener schützenden Hülle. Bei *Nelumbo* wird die Fruchtschale einfach gesprengt, und die oben als vorteilhaft für die Wasseraufnahme bezeichneten Unterbrechungen des dickwandigen Gewebes dürften auch hierbei gute Dienste leisten. Der Widerstand, welchen die dünne Samenschale von *Barclaya* dem aufquellenden und sein Wachstum beginnenden Keimling leistet, scheint nicht so stark

zu sein, dass besondere Einrichtungen zu seiner Verminderung notwendig werden. Die Zellen in der Umgebung der Mikropyle besitzen ebenso wie alle übrigen gewellte Seitenwände, ihr Zusammenhang erscheint also hier nicht schwächer, als an andern Stellen. Bei *Nymphaea* treten am Mikropylenende an Stelle der gewellten gerade Seitenwände, der Zusammenhang der Zellen ist also hier minder stark, als in andern Teilen des Samens. Durch Entfernung der die Mikropyle und das Hilum unmittelbar umgebenden Zellen wird zunächst eine kleine Öffnung geschaffen, welche dann noch durch Spalten, die in den umliegenden Teilen entstehen, und deren Zustandekommen die Anordnung der Zellen in Längsreihen offenbar begünstigt, vergrößert wird. *Cabomba, Brasenia, Nuphar, Euryale* und *Victoria* bilden einen Samendeckel aus, der bei der Keimung losgesprengt wird und ein ganzrandiges Loch zurücklässt. Bei *Victoria* ist die Hartschicht im Deckel von ihren übrigen Teilen durch den Mangel der Wellung der Seitenwände, durch die Niedrigkeit der Zellen und deren dem Deckelumriss parallele tangentiale Streckung, welch letztere nur einem kleinen, mittleren Teil des Deckels abgeht, unterschieden. Das Niedrigerwerden der Zellen bewirkt am Rande des Deckels eine kleine Vertiefung der Samenschale. Nach der Mitte zu ist der Deckel meist flach oder wenig gewölbt, so dass man höchstens von einer seichten Randfurche sprechen kann. Dagegen ist bei *Brasenia, Cabomba, Euryale* und *Nuphar* eine deutliche Einbiegung der Hartschicht nach innen zu erkennen, wodurch eine Furche zustande kommt, die das Abbrechen wesentlich fördert. In allen diesen Fällen besitzen die Hartschichtzellen des Deckels gerade Seitenwände. Bei *Brasenia* sind die der Furche angehörigen von den mittleren wenig verschieden, während die drei andern Gattungen durch tangentiale, dem Deckelumriss parallele Streckung der Furchenzellen, welche nur diesen und nicht den innerhalb der Furche gelegenen Elementen zukommt, sich auszeichnen. Wir sehen also in dem zuletzt besprochenen Falle vier Momente zu Gunsten der Ablösung des Deckels sich vereinen: 1. die Ausbildung einer Furche; 2. die ungewellten, geraden Seitenwände der ihr angehörigen Zellen; 3. die Niedrigkeit der letzteren; 4. ihre dem Deckelumriss parallele, tangentiale Streckung. Eigentümlich für die Hartschicht von *Cabomba* und *Euryale* ist, dass im Samendeckel die verholzten Teile stärker ausgebildet und die Radialwände dicker sind, als in den übrigen Partien. Möglicherweise handelt es sich hier um eine Verminderung der Dehnbarkeit zu Gunsten des leichteren Abbrechens. *Nuphar* nimmt vielleicht in der Ausbildung des Samendeckels die höchste Stufe unter den besprochenen Formen ein. Die Niedrigkeit der Rand- und Furchenzellen tritt hier außerordentlich deutlich hervor. Überdies hat sich an der Furche die Hartschicht von dem darunterliegenden, dünnwandigen Gewebe losgelöst, so dass an dieser Stelle der Zusammenhang ganz besonders gering ist.

Die Befestigung des Samens in der Erde, für welche die bald

nach Beginn der Keimung am Grunde der Radicula auftretenden Papillen oder Wurzelhaare wichtig sind, wird durch die mehrfach erwähnten Emergenzen sicherlich beschleunigt und unterstützt. Einen wichtigen Factor bedeutet hierbei auch der Umstand, dass, wie Haberlandt (No. 10) betont, die stickstofflosen Reservestoffe zum weitaus größten Teil in Gestalt von Stärke und nur in sehr geringen Mengen als fettes Öl gespeichert werden. Es wird so, nachdem die Verbreitungsmittel ihren Dienst eingestellt haben, das Untersinken des Samens und Liegenbleiben auf dem Grund des Wassers begünstigt. Namentlich wichtig ist das hohe specifische Gewicht für die Frucht von *Nelumbo*, bei welcher die Radicula nicht zur Entwickelung gelangt und somit die junge Pflanze erst ziemlich spät die Fähigkeit erlangt, sich selbst zu befestigen.

Da die Ausbildung eines kräftigen Wurzelsystems überall sehr spät eintritt, so ist es natürlich, dass im Innern des Samens ausgedehnte Speichergewebe vorhanden sind. Den Aufbewahrungsort für die Reservestoffe bilden bei *Nelumbo* lediglich die den größten Teil des Samenkerns darstellenden Kotyledonen, während die übrigen Gattungen außerdem ein Endosperm und ein mächtig entwickeltes Perisperm besitzen. Bei *Nelumbo* werden Stärke und Eiweißstoffe in denselben Zellen gespeichert, in den übrigen Fällen findet eine Verteilung der verschiedenen Reservestoffe statt. Das Perisperm führt nur einen stickstofflosen Reservestoff, die Stärke; Das Endosperm und die Kotyledonen enthalten neben geringen Mengen eines anderen stickstofflosen Reservestoffes, des fetten Öles, hauptsächtlich Eiweißsubstanzen. Die Entleerung der Speicherzellen vermitteln in den Kotyledonen überall Leitbündel. Die Speicherzellen der Kotyledonen von *Nelumbo* sind überdies trotz ihrer Dünnwandigkeit da, wo zwei Wände zusammenstoßen, mit zahlreichen, den Maschen eines Netzes gleichenden, äußerst zart gebliebenen Wandpartien versehen. Ähnliche dünne Stellen beobachtete ich auch hie und da bei den übrigen Gattungen an den zarten Wänden des Endosperms. Für die Aufnahme der im Perisperm enthaltenen Stärke durch den Embryo ist die Lage des letzteren offenbar ungünstig, indem derselbe nicht die Mitte des Samenkerns, sondern nahezu das eine Ende desselben einnimmt und nach außen hin nur noch von einer Zellschicht des Endosperms und wenigen Lagen entleerter Zellen der Nucellusspitze bedeckt wird. Diese Lage erweist sich indes insofern vorteilhaft, als der Embryo den äußeren, die Keimung bedingenden Einflüssen leicht zugänglich wird und beim Verlassen des Samens nicht mit allzu vielen Hindernissen zu kämpfen hat. Die Entleerung des Perisperms wird dagegen durch verschiedene andere Vorrichtungen unterstützt. Die Wandung der Perispermzellen ist äußerst zart, und die Mehrzahl der letzteren besitzt eine beträchtliche Größe, so dass die Zahl der Wände, welche die wandernden Stoffe zu passieren haben, eine verhältnismäßig geringe ist. Außerdem entstehen durch Längsstreckung und Reihenbildung Leitungsbahnen. Dieselben sind

bei *Victoria*, *Euryale* und *Nymphaea* nach dem Embryo gerichtet. Bei *Nuphar*, *Cabomba* und *Brasenia* scheint der den axilen Hohlraum umgebende Teil des Perisperms besonders zur Leitung und weniger zur Speicherung eingerichtet zu sein, indem hier die Zellen sehr lang gestreckt sind und nicht so viel Stärke enthalten, als die peripheren, welche dicht mit Stärke erfüllt sind und Leitungsbahnen nach jenem centralen Strange bilden. Das Auftreten eines Hohlraums im Perisperm stellt vielleicht eine Vorrichtung zur leichteren Durchtränkung desselben mit Wasser dar.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VIII.

(Bei Fig. 2 u. 3 Vergr. 300, bei 9 Vergr. 120, bei den übrigen Vergr. 260.)

Fig. 1. *Victoria Regia*. Hartschicht des reifen Samens im Querschnitt. c = Cuticula, p = Teile des der Hartschicht innen angrenzenden Gewebes.

Fig. 2 u. 3. *Euryale ferox*. Hartschicht des reifen Samens. Fig. 2. Hartschichtzelle, welche nicht zum Samendeckel gehört. (Querschnitt durch den Samen). h = verholzte Lamelle, c_1—c_4 = unverholzte Lamellen, p = der Hartschicht angrenzende Zellen. Fig. 3. Dem mittleren Teil des Deckels angehörige Hartschichtzellen. h = verholzter, c = unverholzter Teil der Wandung.

Fig. 4. *Nymphaea stellata*. Querschnitt durch die Hartschicht des reifen Samens.

Fig. 5. *Nymphaea rubra*. Dasselbe.

Fig. 6. *Nymphaea gracilis*. Dasselbe. p = papillenartige Ausstülpungen.

Fig. 7. *Barclaya longifolia*. Die beiden äußersten Zellschichten des reifen Samens im Querschnitt. Bei st der Ansatz eines Stachels.

Fig. 8 u. 9. *Nuphar luteum*. Fig. 8. Hartschicht und die ihr innen angrenzenden Zellen (bei p) im Querschnitt. Fig. 9. Längsschnitt durch die Mikropyle des inneren Integuments (etwas schematisiert). i = dickwandige Innenschicht. d = dünnwandiges Gewebe, in den äußeren Partien geschrumpft. h = verholzte, dickwandige Zellen. n = geschrumpftes Gewebe der Nucellusspitze.

Fig. 10. *Cabomba aquatica*. Hartschicht des reifen Samens nebst den darunter liegenden geschrumpften Geweben (bei p) im Querschnitt; h = verholzter, c = unverholzter Teil der Außenwand.

Fig. 11. *Nelumbo nucifera*. Querschnitt durch den äußeren Teil der Schale der reifen Frucht. e = Oberhaut, in einer Zelle eine Krystalldruse; p = Palissadenschicht mit der Lichtlinie (l); s = parenchymatische, dickwandige Zellen.
